



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELA CRISTINA PAVIANI

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA CULTURA DO
ALHO LIVRE DE VÍRUS

CURITIBA

2018

ANGELA CRISTINA PAVIANI

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA CULTURA DO
ALHO LIVRE DE VÍRUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

Co-orientadores: Prof. Dr. Leandro Hahn

Dr. Anderson Luiz Feltrim

Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2018

Sistema de Bibliotecas/UFPR , Biblioteca de Ciências Agrárias
Marcia Cristina Fuchs - CRB9/1321

P338d Paviani, Angela Cristina
Diagnóstico nutricional de nitrogênio e potássio na cultura do
alho livre de vírus / Angela Cristina Paviani. - Curitiba, 2018.
107 p.: il., figs., tabs..

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência
do Solo.
Orientador: Danilo Eduardo Rozane
Coorientador: Leandro Hahn
Coorientador: Anderson Luiz Feltrin
Coorientador: Volnei Pauletti

1. Alho - Adubação. 2. Alho - Aspectos nutricionais. 3.
Nutrição de plantas. I. Rozane, Danilo Eduardo . II. Hahn, Leandro
. III. Feltrin, Anderson Luiz . IV. Pauletti, Volnei . V. Título. VI.
Universidade Federal do Paraná.

CDU 635.262



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
Mestrado e Doutorado



PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **Ângela Cristina Paviani**, intitulada: "**Diagnóstico nutricional de nitrogênio e potássio na cultura do alho livre de vírus**", do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição da candidata, emitem parecer pela "**APROVAÇÃO**" da referida Dissertação. A candidata atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 27 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane, Presidente

Dr. Leandro Hahn, 1º. Examinador

Prof. Dr. Volnei Pauletti, 2º. Examinador

*Luz de minha vida, meu amor infinito, por ter em ti a plenitude de minha vida, a você Joni,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo Joni, por seu apoio incondicional, sua compreensão, paciência, incentivo constante, seus cuidados, pelo amor que me fortaleceu e por acreditar nas minhas escolhas;

À minha família, em especial aos meus pais Gentila e Augusto, pelas palavras sábias que me guiaram e me fortaleceram nesta trajetória, pelo amor, apoio, incentivo e cuidado.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado;

Aos professores Dr. Leandro Hanh, Dr. Danilo Eduardo Rozane, Dr. Anderson Luiz Feltrim e Dr. Volnei Pauletti pela orientação e confiança, pelos ensinamentos e experiências transmitidos e principalmente pela humildade em compartilharem seus conhecimentos.

À secretária Denise De Conti, pessoa maravilhosa que sempre esteve presente me encorajando com palavras de incentivo e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Fundo de Apoio a Pesquisa (FAP) da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – Uniarp, pela concessão da bolsa de estudos.

À Epagri - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, por disponibilizar sua equipe técnica e toda a estrutura na realização das atividades do mestrado.

Aos amigos Anderson Wanser, Marcos Mattos Ender, Maíke Hesming e Ronan Exterkoeter pelo auxílio na condução e avaliação dos experimentos.

Aos produtores de alho, Sr. Nelson Júnior Maciel, Vanderlei Alberton, Valdecir Marcondes e Wolni Maciel por permitirem o desenvolvimento das atividades em suas propriedades.

RESUMO

Atualmente, as recomendações de adubação nitrogenada e potássica para o alho, ainda são baseadas em pesquisas realizadas nas décadas de 80 e 90, período que não haviam lavouras formadas a partir de sementes de alho livres de vírus. As cultivares de alho livre de vírus apresentam potencial produtivo superior, logo, necessita-se de uma melhor avaliação e conhecimento da adubação, acompanhada de métodos de monitoramento do estado nutricional avaliados e calibrados por pesquisa atuais. Com o presente estudo objetivou-se determinar a dose adequada de nitrogênio e potássio na rentabilidade de produção e qualidade, bem como avaliar diferentes métodos na avaliação do diagnóstico do estado nutricional na cultura do alho livre de vírus. Foram conduzidos dez experimentos a campo, sendo cinco com doses de N e cinco com doses de K nas safras 2015 e 2016, em áreas comerciais e tradicionais no cultivo de alho dos municípios de Fraiburgo e Curitiba, ambos em Santa Catarina. As doses empregadas nos experimentos foram definidas a luz das recomendações oficiais para a cultura no Estado, a expectativa de produção, e ainda para o potássio alicerçadas pela análise de solo nos experimentos. Empregou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As avaliações constaram na fase de diferenciação das plantas na determinação dos teores de NO_3^- e K^+ na solução do solo e na solução do suco foliar, medida do teor relativo de clorofila, pH e condutividade elétrica. Esta dissertação está dividida em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado “Estado nutricional do alho livre de vírus pela adubação nitrogenada”, o segundo capítulo intitulado “Métodos de diagnóstico nutricional de potássio na cultura do alho livre de vírus”. Diante das condições experimentais concluiu-se que a resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação nitrogenada esteve associada ao índice pluviométrico e as condições climáticas. A maior produção comercial esteve associada às doses entre 269 e 307 kg ha^{-1} de N e ao teor de 26 g kg^{-1} de N, na folha diagnóstica. O índice relativo de clorofila foi a única tecnologia diagnóstica avaliada que se correlacionou com a produtividade comercial em todas as condições experimentais. A resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação potássica foi baixa, havendo significância na produção comercial em um de cinco experimentos, com a maior produção comercial associada às doses de 309 $\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$. Pela baixa resposta da produção comercial de alho à adubação potássica, as tecnologias utilizadas na avaliação nutricional de potássio não demonstraram eficiência.

Palavras-chave: *Allium sativum*. teores críticos. medidores de íons específicos. nutrição vegetal.

ABSTRACT

Currently, the recommendations of nitrogen and potassium fertilization for garlic are still based on research conducted in the 1980s and 1990s, when there were no crops formed from virus-free garlic seeds. Garlic-free virus cultivars have superior productive potential; therefore, a better evaluation and knowledge of fertilization is required, together with nutritional status monitoring methods evaluated and calibrated by current research. The objective of this study was to determine the adequate nitrogen and potassium dose in yield and quality yield, as well as to evaluate different methods in the evaluation of nutritional status in garlic-free virus. Ten experiments were conducted in the field, five with N doses and five with K doses in the 2015 and 2016 crops, in commercial and traditional garlic cultivation areas of the municipalities of Fraiburgo and Curitibanos, both in Santa Catarina. The doses used in the experiments were defined in the light of the official recommendations for the culture in the State, the production expectation, and also for the potassium based on the soil analysis in the experiments. A randomized block design with four replications was used. The evaluations included the determination of NO_3^- and K^+ levels in soil solution and leaf juice solution, relative chlorophyll content, pH and electrical conductivity. This dissertation is divided into two chapters, the first one entitled "Nutritional status of garlic virus-free by nitrogen fertilization", the second chapter entitled "Methods of nutritional diagnosis of potassium in garlic-free virus culture." In view of the experimental conditions, it was concluded that the response of the virus-free garlic culture to nitrogen fertilization was associated with rainfall index and climatic conditions. The highest commercial production was associated with doses between 269 and 307 kg ha⁻¹ of N and the content of 26 g kg⁻¹ of N in the diagnostic leaf. The relative chlorophyll index was the only diagnostic technology evaluated that correlated with commercial productivity in all experimental conditions. The response of the virus-free garlic culture to the potassium fertilization was low, with commercial production being significant in one of five experiments, with the highest commercial production associated with the 309 kg K₂O ha⁻¹ doses. Due to the low response of the commercial production of garlic to the potassium fertilization, the technologies used in the nutritional evaluation of potassium did not demonstrate efficiency.

Key-Words: *Allium sativum*. critical contents. specific ion meters. plant nutrition.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 - PRODUÇÃO COMERCIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.....	36
FIGURA 2 - PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.....	37
FIGURA 3 - PRODUÇÃO TOTAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.....	38
FIGURA 4 - TEORES DE NITRATO ($N-NO_3^-$) NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	41
FIGURA 5 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS	42
FIGURA 6 - TEORES DE NITRATO ($N-NO_3^-$) NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	44
FIGURA 7 - TEORES DE NITROGÊNIO (N) NAS FOLHAS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.....	45
FIGURA 8 - ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA NAS FOLHAS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.....	46
FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NITRATO ($N-NO_3^-$) NA SOLUÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.....	53

FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.....	53
FIGURA 11 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE NITRATO (NO_3^-) NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.....	54
FIGURA 12 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE NITROGÊNIO NA FOLHA E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.....	54
FIGURA 13 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.....	55

CAPÍTULO II

FIGURA 1 - PRODUÇÃO COMERCIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K_2O EM CINCO EXPERIMENTOS.....	74
FIGURA 2 - PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K_2O EM CINCO EXPERIMENTOS.....	75
FIGURA 3 - PRODUÇÃO TOTAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K_2O EM CINCO EXPERIMENTOS	76
FIGURA 4 - POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	79
FIGURA 5 - POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.....	80

FIGURA 6 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	81
FIGURA 07 - POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	82
FIGURA 08 - POTÁSSIO NA FOLHA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	83
FIGURA 9 - ANÁLISE GRÁFICA DA RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO E A PRODUTIVIDADE COMERCIAL RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS NA COLHEITA DO EXPERIMENTO 2 DA SAFRA 2015 NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.....	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 - ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS COM DOSES DE NITROGÊNIO NAS SAFRAS 2015 E 2016.	32
TABELA 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO OESTE CATARINENSE.....	35
TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DAS DOSES DE NITROGÊNIO (TRATAMENTOS) NOS TEORES DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA (IRC) E NITROGÊNIO FOLIAR (NF) NO ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE	40
TABELA 4 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 1 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015	48
TABELA 5 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 2 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.....	48
TABELA 6 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC	

(ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 3 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015	49
TABELA 7 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 4 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.....	49
TABELA 8 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 5 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015	50
TABELA 9 - DOSE ECONÔMICA DE UREIA, CALCULADA EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DE ALHO E DOS CUSTOS DO FERTILIZANTE, PARA OS CULTIVOS DE 2015 E 2016.....	56

CAPÍTULO II

TABELA 1 - ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS NOS LOCAIS ANTERIORES À INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS COM DOSES DE POTÁSSIO NAS SAFRAS 2015 E 2016.	70
TABELA 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE	73
TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DAS DOSES DE POTÁSSIO (TRATAMENTOS) NOS TEORES DE POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (KS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS) E DAS TECNOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO SOLO (CESS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K^+SSF) E POTÁSSIO FOLIAR (K^+F) DO ALHO LIVRE DE VÍRUS EM CINCO	

- TABELA 4 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K^+S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K^+SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K^+F) NO EXPERIMENTO 1 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015 85
- TABELA 5 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K^+S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K^+SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K^+F) NO EXPERIMENTO 2 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015 85
- TABELA 6 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K^+S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K^+SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K^+F) NO EXPERIMENTO 3 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015 86
- TABELA 7 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K^+S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K^+SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K^+F) NO EXPERIMENTO 4 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015 86
- TABELA 8 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K^+S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K^+SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO

SUCO FOLIAR ($K^{+}SSF$), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR ($K^{+}F$) NO EXPERIMENTO 5 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015	87
TABELA 9 - DOSE ECONÔMICA DE CLORETO DE POTÁSSIO, CALCULADO EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE ALHO E DOS CUSTOS DO FERTILIZANTE, PARA OS CULTIVOS DE 2015 E 2016.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. ASPECTOS SOBRE A CULTURA DO ALHO LÍVRE DEVÍRUS	17
1.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS	19
1. 3 REFERÊNCIAS	23
2 CAPÍTULO I: DIAGNOSE NUTRICIONAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS PELA ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	27
2.1 RESUMO	27
2.3 ABSTRACT	28
2.4 INTRODUÇÃO.....	29
2.5 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
2.6.1 Correlações entre as variáveis de produção e tecnologias de diagnóstico	46
2.7 TEORES CRÍTICOS PARA MÁXIMO RENDIMENTO RELATIVO DE ALHO	50
2.8 ANÁLISE ECONÔMICA.....	55
2.9 CONCLUSÕES	56
2.10 REFERÊNCIAS	58
3 CAPÍTULO II: MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO NA CULTURA DO ALHO LIVRE DE VÍRUS.....	64
3.1 RESUMO	64
3.2 ABSTRACT	65
3.3 INTRODUÇÃO.....	66
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	70
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.5.1 Correlações entre as variáveis de produção e tecnologias de diagnóstico	83
3.5.2 TEORES CRÍTICOS PARA MÁXIMO RENDIMENTO COMERCIAL	86
3.5.3 Análise Econômica	88
3.6 CONCLUSÕES	89
3.7 REFERÊNCIAS	90
4 REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1. ASPECTOS SOBRE A CULTURA DO ALHO LÍVRE DEVÍRUS

A cultura do alho no Brasil apresenta inúmeros desafios produtivos a serem superados. Por um lado, a produção nacional abastece em torno de 33% do mercado brasileiro, sendo necessário importar grandes quantidades de alho para suprir a demanda nacional. Por outro lado, a produção nacional apresenta dificuldades para competir com o alho importado, principalmente da China (ANAPA, 2014).

O estado de Santa Catarina figura entre os principais produtores de alho nobre, respondendo por cerca de 23,7 % da produção nacional, tendo na região do Meio-Oeste a maior concentração de propriedade que desenvolvem a atividade, principalmente os municípios de Curitiba, Frei Rogério e Fraiburgo (IBGE, 2018).

O emprego intensivo de mão de obra, tecnologia e capital, tem viabilizado a pequena e média propriedade nas regiões produtoras, sendo, portanto, de grande importância socioeconômica para o estado. Para que os produtores obtenham melhor rentabilidade com a cultura, permanecendo na atividade e contribuindo para diminuir a dependência do Brasil da importação, é necessário que todos os fatores influentes na produção estejam otimizados. Entre estes fatores, o fornecimento da quantidade adequada de nutrientes e o acompanhamento do estado nutricional das plantas são etapas cruciais para o sucesso na atividade.

Historicamente, a cultura vem sofrendo com uma pressão viral, transmitida por insetos hospedeiros como: ácaros, trips e pulgões. Os principais complexos viróticos que são transmitidos por esses vetores são: *onion yellow dwarf virus* (OYDV-G), *leek yellow stripe virus* (LYSV) e *garlic common latent virus* (GCLV). Essas viroses são responsáveis por uma queda de cerca de 10 a 15% de produtividade (Daniels, 1999). Uma das técnicas mais utilizadas para limpeza de vírus em sementes de alho é a cultura de meristemas associada ao tratamento térmico. A utilização de sementes livres de vírus surgiu recentemente na cadeia produtiva de alho no Brasil, como uma das mais importantes alternativas para melhorar a produtividade das lavouras.

A produção do alho livre de vírus proporciona ao produtor um incremento de produtividade de aproximadamente de 30 a 50% e, se bem manejado, o material de propagação se mantém por até quatro safras (Mueller et al., 2005). A limpeza do complexo viral começa por um processo de desinfecção, onde os bulbilhos ainda contaminados passam por um processo de termoterapia, em uma estufa a 38 °C por trinta dias, a fim de paralisar a multiplicação viral. Após

esse período, células meristemáticas não diferenciadas são isoladas dos bulbilhos, uma vez que essas células não possuem vasos de translocação e ainda não entraram em contato com o vírus. Depois de isoladas, essas células são cultivadas *in vitro* por cerca de 90 dias, e induzidas com diferentes hormônios de crescimento, para a formação de parte aérea (30 primeiros dias) e posteriormente os bulbilhos. Após esse processo, os bulbilhos são multiplicados por uma safra em cultivo protegido e na safra seguinte começa a multiplicação em larga escala a campo (EPAGRI, 2015).

As cultivares de alho ‘Caçador’, ‘Contestado’, ‘Chonan’, ‘Ito’ e ‘Quitéria’ multiplicadas e livres de vírus, apresentam um maior potencial de assimilação dos nutrientes, quando comparadas com as mesmas cultivares de multiplicação tradicional. Por si só, as plantas livres de vírus, não possuem um gasto energético visando fornecer elementos base para a multiplicação das viroses em suas células (Mueller et al., 2005). Resende et al. (2000) verificaram que o aumento de produtividade está ligado diretamente à variedade livre de vírus. Sendo assim, essas variedades respondiam a doses mais elevadas de N, quando comparada com as variedades não limpas.

Conforme observado em estudos científicos, o alho livre de vírus apresenta aumentos significativos de vigor vegetativo, produtividade e qualidade dos bulbos, as plantas extraem maiores quantidades de nutrientes em relação à multiplicação convencional e respondem à doses mais elevadas de N, sendo quase duas vezes superior ao recomendado para o alho propagado pela via convencional (Resende et al., 2001; Fernandes et al., 2010).

Em trabalhos realizados em Santa Catarina, verificou-se aumento na produtividade para as cultivares livre de vírus (Contestado, Caçador, Jonas e Quitéria) em relação às cultivares multiplicadas de forma convencional de 32,7 %, 31,3 %, 11,6 %, e 29,7 %, respectivamente (Mueller et al., 2005).

Dessa forma, as respostas obtidas nos experimentos realizados com alho infectado tendem a ser diferentes daquelas onde se utiliza alho livre de vírus. A exigência nutricional do alho multiplicado por cultura de tecidos ainda é pouco conhecida e as informações atuais sobre a nutrição mineral do alho livre de vírus em Santa Catarina são escassas, sendo que grande parte das pesquisas existentes com a cultura são relativas a épocas em que os níveis de tecnologia e produtividade eram bastante reduzidos e a cultura não era livre de vírus (Resende et al., 2001; Fernandes et al., 2010).

Com a introdução de cultivares nobres de alho livre de vírus, há a necessidade de se determinar o comportamento desses materiais quanto à aplicação de nutrientes nas diferentes condições de clima e solo de SC. Ao mesmo tempo, inúmeras ferramentas e metodologias para

diagnóstico do estado nutricional das plantas estão atualmente disponíveis, porém, poucas avaliadas e validadas para as condições de produção de alho livre de vírus, na maior região produtora, no sul do Brasil.

Do ponto de vista nutricional, o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os dois nutrientes que mais afetam a produção e qualidade dos bulbos (Resende et al., 2001; Büll et al., 2002; Macedo et al., 2009 e Fernandes et al., 2010).

O N influencia o número de folhas e bulbilhos, o tamanho de bulbos e a produtividade do alho, sendo o nutriente mais extraído pela planta, em média de 0,85 a 1,7 kg t⁻¹ de alho produzido, com respostas bastante variáveis quanto as doses aplicadas que vão desde 50 kg ha⁻¹ até 193,75 kg ha⁻¹ (Sedoguchi, 2008).

De acordo com Souza et al. (2011) um *stand* de 200.000 plantas ha⁻¹ de alho absorve 179,3 e 103,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente, o que representa o maior acúmulo de nutrientes no cultivo. O efeito do N sob a produtividade do alho pode ser explicado pelo aumento da área foliar, que garante alta eficiência fotossintética, promovendo a síntese de proteínas e açúcares solúveis (Bertoni et al., 1992); já o potássio atua como regulador osmótico, ativador enzimático e transportador de solutos orgânicos e inorgânicos, o que de fato, converte a eficiência fotossintética em eficiência produtiva ou econômica, através da conversão de açúcares simples em complexos e transporte de solutos orgânicos ao órgão de armazenamento (Bar-Tal, 2011).

O K é um nutriente muito importante para o aumento da produtividade do alho, a sua aplicação correta é crítica para gerar resposta no rendimento e na qualidade dos bulbos (Castellanos et al. 2002). A maioria dos trabalhos de pesquisa conduzidos no Brasil indicam não haver aumento no rendimento quando os teores de K no solo são altos. Mesmo com aplicação de altas doses (até 615 kg ha⁻¹ de K₂O) não se verificou o efeito da aplicação de potássio para peso médio e produtividade total de bulbos em vários trabalhos de pesquisa (Büll et al., 2002; Castellanos et al., 2002; Bôas et al., 2008).

1.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

Tradicionalmente, o planejamento da adubação e do manejo de nutrientes de qualquer cultura inicia com a coleta e análise do solo que deve representar a área a ser cultivada. No entanto, a avaliação da fertilidade do solo via amostragem do solo é, sem dúvida, a etapa mais sensível e sujeita a erros. De um resultado analítico, 80 a 85% do erro total são atribuídos à amostragem no

campo, e apenas 15 a 20% aos procedimentos de laboratório (EMBRAPA, 2009). O solo apresenta grande variabilidade espacial em seus atributos químicos, tanto no sentido vertical quanto horizontal, o que decorre o problema da representatividade de amostras para determinar a fertilidade do solo (De Carvalho et al., 2002).

A análise de solo é um procedimento consagrado na agricultura, mas é necessário empregá-la adequadamente, devendo-se conhecer os fatores que a limitam. Esse cuidado é fundamental para que sejam realizados programas de calagem e adubação mais adequados, e que permitam a obtenção de resultados favoráveis para o aumento da produtividade da cultura e lucro ao empresário agrícola (Rozane et al., 2011).

A análise de tecido vegetal é um critério útil para o manejo de nutrientes em plantas (Malavolta, 2006; Parent, 2011). No entanto, para que a interpretação sobre as condições nutricionais de uma cultura seja representativa, a uma determinada região, é necessário o conhecimento dos valores de referência locais. A análise foliar se justifica por ser de baixo custo e eficiente em determinar o estado nutricional da planta (Gott et al., 2014).

As diferenças nas características químicas do solo ocorrem naturalmente, como consequências de processos pedogenéticos podendo ser alteradas pelo manejo da área (James e Wells, 1990). Rozane et al. (2015) ressaltam que a análise química do solo é realizada na ausência da planta, ou seja, sem considerar aspectos que podem limitar a absorção dos nutrientes, como aeração, temperatura, competição entre elementos e as próprias exigências dos vegetais.

O resultado da aplicação de nutrientes no plantio ou semeadura de uma cultura, baseada somente na recomendação a partir de amostras de solo é insuficiente, desta maneira a porção vegetativa das plantas, em especial as folhas, que são empregadas frequentemente para a avaliação do estado nutricional das plantas. São nesses órgãos que ocorrem as principais atividades metabólicas e, por isso, refletem melhor as variações na disponibilidade de nutrientes. A análise foliar permite, dentre outras finalidades, acompanhar, avaliar e ajustar os programas de fertilização agrícola (Coelho et al., 2013).

A partir destas dificuldades, surgiram alternativas como o uso de métodos de diagnóstico em tempo real usando a planta ou o solo como indicadores, permitindo uma avaliação rápida (Fontes, 2011; Kurtz, 2015) e correlacionada com o método tradicional de análise via foliar.

As avaliações dos teores de nitrato (N-NO_3^-) e potássio (K^+) na seiva e na solução do solo e clorofila na folha são testes rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o sensoriamento em tempo real do estado nutricional das plantas, possibilitando a aplicação de doses adequadas na adubação durante o ciclo da cultura (Sexton e Carroll, 2006). Esta possibilidade é especialmente

importante para a cultura do alho, pois, a aplicação excessiva e desequilibrada de N favorece o aparecimento do pseudoperfilhamento ou superbrotamento, sendo que em anos favoráveis, o superbrotamento pelo excesso de aplicação de N pode comprometer 100% da produção comercial de alho (Lucini, 2004).

As determinações dos teores de N-NO_3^- e K^+ na folha diagnóstica pode ser conseguida com o auxílio de medidores portáteis de íons específicos (MIE). A obtenção de pequena quantidade de sulco celular (a partir de 0,1 ml) da folha, do limbo ou do pecíolo é suficiente para a determinação dos teores desses nutrientes. MIE para N-NO_3^- foram utilizados com sucesso para análises de suco celular de muitas culturas agrícolas (Folegatti et al., 2005).

O monitoramento da solução do solo é outra ferramenta que pode auxiliar, mesmo que indiretamente, no diagnóstico do estado nutricional das plantas (Folegatti et al., 2005). A partir da coleta da solução do solo é possível determinar vários atributos como a CE e o pH, além da concentração de determinados nutrientes, como o N e o K, por meio de MIE para N-NO_3^- e K^+ , respectivamente.

A utilização de extratores de cápsulas porosas, para extrair a solução do solo, é bastante difundida, principalmente por seu manejo fácil, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas (Sexton et al., 2006).

Outra técnica utilizada para a obtenção rápida do estado nutricional das plantas para o N é o uso de medidores indiretos de clorofila, também denominados de clorofilômetros. Esses medidores medem a intensidade da cor verde das folhas, sendo convertidos no índice relativo de clorofila. A cor verde das plantas está diretamente associada com o teor de clorofila foliar, e este, altamente relacionado com o teor de N na maioria das plantas (Taiz e Zeiger, 2009).

Por fim, Backes et al. (2008) estudando a aplicação do medidor de clorofila portátil em alho vernalizado no Cerrado brasileiro, observaram que a concentração de N e a intensidade de coloração verde foram influenciadas pelas doses de N. Estudos utilizando clorofilômetro têm demonstrado que o aparelho pode ser útil para avaliar o estado de N da planta, em diferentes espécies como beterraba. Sexton e Carroll, (2006) observaram ainda que, com o uso de clorofilômetro, foi possível determinar a dose de N em que se obteve o maior rendimento financeiro.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar diferentes métodos de diagnóstico nutricional de N e K na cultura do alho livre de vírus, por meio da utilização de medidores de íons específicos de K^+ e NO_3^- na solução do solo e solução do suco foliar, medidores portáteis de clorofila, análise

econômica e teores de nitrogênio e potássio na folha e no solo e sua relação com a qualidade dos bulbos de alho livre de vírus na região Meio-Oeste Catarinense.

1. 3 REFERÊNCIAS

ANAPA – Associação nacional dos produtores de alho. Mercado e as importações de alho no Brasil. **Revista Nosso Alho**. n.20, p.31-33, 2014.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**. Instituto Agrônômico de Campinas, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200025>. Acesso em 20 de jun. de 2016.

BAR TAL, A. The effects of nitrogen form on interactions with potassium. Nitrogen and Potassium Interactions. **Switzerland, International Potash Institute**, p. 9, 2011. Disponível em: <https://www.ipipotash.org/ar/eifc/2011/29/3/english>. Acesso em 30 de ago. de 2016.

BERTONI, G.; MORARD, P.; SOUBIEILLE, C.; LLORENS, J. M. Growth and nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) during bulb development. **Scientia Horticulturae**, v. 50, n. 2, p. 187-195, 1992.

BÔAS, R.L.V.; LIMA, C.P.; BACKES, C.; GODOY, L.J.G.; IMAIZUMI, I. Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. **Ceres**, v.55, n.6, p.605-609, 2008.

BÜLL, L.T.; BERTANI, R. M. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, v.61, p.247-255, 2002.

CASTELLANOS, J.Z.; OJODEAGUA, J.L.; MÉNDEZ, F.; ALCANZAR, G.; VILLALOBOS-REYES, S.; VARGAS, P.; MUÑOZ-RAMOS, J.J.; LAZCANO-FERRAT, I. Potassium requirements for Garlic under fertigation. **Better Crops International**, v.16, p.9-11, 2002.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BRAUN, H.; SILVA, I. R. Value and prediction of critical content-level to assess the nitrogen status of the potato. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.155-122, 2013.

DANIELS, J. Ocorrência de vírus em alho no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**: Brasília, DF, v.24, n.1, p.91. 1999.

DE CARVALHO, J. R. P., DA SILVEIRA, P. M., VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. , v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

Pesquisa Agropecuária Brasileira

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2ª ed. 2009.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Sem vírus, mais vigor. **Revista Agropecuária Catarinense**, Vol. 28, nº 1, p.28-28. 2015.

FERNANDES, L. J. C; BÜLL, L. T; CORRÊA, J. C; PAVAN, M. A; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** v.28, p. 97-101, 2010.

FOLEGATTI, M.V.; BLANCO, F.F.; BOARETTO, R.M. & BOARETTO, A.E. Calibration of Cardy®-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia agrícola**, v.62, p.8-11, 2005.

FONTES, P.C.R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa (MG), 296p. 2011.

GOTT, R. M. et al., Diagnostic index for interpretation of foliar analysis of corn/Indices diagnosticos para interpretacao de analise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1110-1116, 2014.

IBGE. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais: IBGE, 2015. Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151\[1\].pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2018.

JAMES, D. W.; WELLS, K. L. Soil sample collection and handling: technique based on source and degree of field variability. In: Westerman, R.L. Ed. Soil testing and plant analysis. Madison: **Soil Science Society of America**, SSSA Book Series. p.25-44, 1990.

KURTZ, C. Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) **Departamento de Ciências do Solo**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

LUCINI, M. Manual prático de produção: Alho. Curitiba: **Bayer CropScience®**. p. 135, 2004.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Agronômica **Ceres**, 2006.

MUELLER, S.; VIEIRA, R. L.; BIASI, J. Efeito da limpeza de vírus sobre a produtividade de alho em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, v.18, p.50-52. 2005.

PARENT LÉ. Diagnosis of the nutriente compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura.**; v.33, p.321-334, 2011.

RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.188-191, 2001.

ROZANE, D. E; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v.44, n.1, p.102–112, 2015.

ROZANE D. E, ROMUALDO L. M, CENTURION J. F, BARBOSA J.C. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. **Semina: Ciência Agrária**.v. 32, p. 109-116, 2011.

SEDOGUCHI, E.T. **Produtividade em alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas, sob doses de fósforo, nitrogênio e potássio**. 77p. (Tese Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SEXTON, P.; CARROLL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugar beet. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p. 1975-1986, 2006.

SOUZA, R. J. et al. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 498-503, 2011.

TAIZ, L. E ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 848 p, 2009.

2 CAPÍTULO I: DIAGNOSE NUTRICIONAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS PELA ADUBAÇÃO NITROGENADA

2.1 RESUMO

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade de bulbos na cultura do alho. Para o sul do Brasil, as atuais recomendações ainda são baseadas em variedades fisiologicamente diferentes das atuais que são livres de vírus. Tem-se a disposição um grande número de métodos e ferramentas de diagnóstico nutricional, porém, na cultura do alho livre de vírus, os trabalhos para avaliação e validação destes são escassos. O objetivo deste trabalho foi definir métodos para diagnóstico do estado nutricional do alho livre de vírus submetidas a doses de N por meio da utilização de medidores de íons específicos de NO_3^- na solução do solo e solução do suco foliar, medidor portátil de clorofila, teores de nitrogênio na folha e sua relação com a produtividade e qualidade dos bulbos. Os experimentos foram conduzidos nas safras 2015 e 2016 em cinco lavouras comerciais do Meio-Oeste Catarinense. Utilizaram-se bulbos-semente livre de vírus provenientes de cultura de meristemas. Os tratamentos dos experimentos foram constituídos pela aplicação de cinco doses de nitrogênio (0, 100, 150, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) na forma de nitrato de amônio (32% N), distribuídas em três aplicações durante o ciclo da cultura: 1/3 no plantio, 1/3 entre 30 e 40 dias após o plantio e 1/3 após a diferenciação visual em bulbilho. A resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação nitrogenada esteve associada ao índice pluviométrico e as condições climáticas. A maior produção comercial esteve associada às doses entre 269 e 307 kg ha⁻¹ de N e ao teor de 26 g kg⁻¹ de N, na folha diagnóstica. O índice relativo de clorofila foi a única tecnologia diagnósticas avaliada que apresentou correlação significativa com a produtividade comercial em todas as condições experimentais.

Palavras-chave: *Allium sativum*. clorofila. diagnóstico. nitrogênio.

2.3 ABSTRACT

Nitrogen (N) is the nutrient that contributes most to increase the productivity of bulbs in garlic culture. For southern Brazil, the current recommendations are still based on physiologically different varieties from the current ones that are virus free. A large number of methods and tools for nutritional diagnosis are available, however, in the garlic-free culture of virus, the works for evaluation and validation of these are scarce. The objective of this work was to define methods for the diagnosis of the nutritional status of garlic free of viruses submitted to N doses through the use of NO₃-specific ion meters in soil solution and leaf juice solution, portable chlorophyll meter of nitrogen in the leaf and its relation with the productivity and quality of the bulbs. The experiments were conducted in the 2015 and 2016 crops in five commercial farms in the Midwest of Santa Catarina. Virus-free seed bulbs from meristem culture were used. The treatments of the experiments were constituted by the application of five nitrogen doses (0, 100, 150, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹) as ammonium nitrate (32% N), distributed in three applications during the culture: 1/3 at planting, 1/3 between 30 and 40 days after planting and 1/3 after visual differentiation in bulb. The response of the virus free garlic culture to nitrogen fertilization was associated with rainfall index and climatic conditions. The highest commercial production was associated with doses between 269 and 307 kg ha⁻¹ of N and the content of 26 g kg⁻¹ of N in the diagnostic leaf. The relative chlorophyll index was the only diagnostic technology evaluated that showed a significant correlation with commercial productivity in all experimental conditions.

Keywords: *Allium sativum*. chlorophyll. diagnosis. nitrogen.

2.4 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina figura entre os principais produtores de alho nobre, respondendo atualmente por cerca de 20% da produção nacional (IBGE, 2018). No estado, a cultura está concentrada na região Meio-Oeste, principalmente nos municípios de Curitibanos, Frei Rogério, Fraiburgo e Caçador. O uso intensivo de mão de obra, tecnologia e capital, tem viabilizado a produção de alho nas pequenas e médias propriedades das regiões produtoras, sendo, portanto, a cultura de grande importância socioeconômica para o estado.

Para que os produtores obtenham melhor rentabilidade com a cultura, permanecendo na atividade e contribuindo para diminuir a dependência do Brasil da importação, é necessário que todos os fatores influentes na produção estejam otimizados. Entre estes fatores, o fornecimento de nutrientes em quantidades e proporções adequadas via solo, sua complementação via fertilizantes e o acompanhamento do estado nutricional da planta são etapas cruciais para o sucesso na atividade.

O N é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade de bulbos na cultura do alho (Büll et al., 2002; Macêdo et al., 2009; Fernandes et al., 2010). Segundo Souza e Casali (1986), o N influencia o número de folhas e bulbilhos, o tamanho de bulbos e a produtividade do alho. Respostas do alho à aplicação de N são bastante variáveis, sendo obtidas desde a dose de 50 kg ha⁻¹ (Patel et al., 1996) até 193,75 kg ha⁻¹ (Sedoguchi, 2008).

De acordo com Filgueira (2013), o alho é extremamente sensível ao mais leve excesso no fornecimento de N. O excesso deste nutriente pode acarretar à indução do pseudoperfilhamento ou superbrotção que é um processo de intumescimento na região entre o pseudocaule e o disco basal, pelo acúmulo de reservas na base das bainhas foliares, resultando na formação de um pseudobulbo. Fatores esses, estão diretamente ligados à superestimação da adubação nitrogenada, temperatura e altas precipitações (Vieira, 2012).

Constata-se que a grande maioria dos trabalhos de pesquisa sobre recomendações de adubação e nutrição para a cultura do alho realizados no Brasil basearam-se no uso de cultivares infectados por vírus fitopatogênicos. A presença de vírus nas plantas ocasiona distúrbios nas funções das células, afetando a síntese de proteínas, inibindo a fotossíntese, o transporte de assimilados, a ação de reguladores de crescimento e a redução da produção (Gibbs; Harrison, 1979), sendo que muitas dessas funções envolvem direta ou indiretamente os nutrientes minerais.

O alho livre de vírus apresenta aumentos significativos de vigor vegetativo, produtividade e qualidade dos bulbos (Fernandes et al., 2010). Em trabalhos realizados em Santa Catarina, verificou-se aumento na produtividade para as cultivares livre de vírus (Contestado, Caçador, Jonas e Quitéria) em relação às cultivares multiplicadas de forma convencional de 32,7%, 31,3%, 11,6%, e 29,7%, respectivamente (Mueller et al., 2005).

A análise de solo é um procedimento consagrado na agricultura, mas é necessário empregá-la adequadamente, devendo-se conhecer os fatores que a limitam. Esse cuidado é fundamental para que sejam realizados programas de calagem e adubação mais adequados, e que permitam a obtenção de resultados favoráveis para o aumento da produtividade da cultura e lucro ao empresário agrícola (Rozane et al., 2011).

A análise de tecido vegetal é um critério útil para o manejo de nutrientes em plantas (Malavolta, 2006; Parent, 2011). No entanto, para que a interpretação sobre as condições nutricionais de uma cultura seja representativa, a uma determinada região, é necessário o conhecimento dos valores de referência locais. A análise foliar se justifica por ser de baixo custo e eficiente em determinar o estado nutricional da planta (Gott et al., 2014).

As diferenças nas características químicas do solo ocorrem naturalmente, como consequências de processos pedogenéticos podendo ser alteradas pelo manejo da área (James; Wells, 1990). Rozane et al. (2015) ressaltam que a análise química do solo é realizada na ausência da planta, ou seja, sem considerar aspectos que podem limitar a absorção dos nutrientes, como aeração, temperatura, competição entre elementos e as próprias exigências dos vegetais.

O resultado da aplicação de nutrientes no plantio ou semeadura de uma cultura, baseada somente na recomendação a partir de amostras de solo é insuficiente, desta maneira, a porção vegetativa das plantas, em especial as folhas, são empregadas frequentemente para a avaliação do seu estado nutricional. São nesses órgãos que ocorrem as principais atividades metabólicas e, por isso, refletem melhor as variações na disponibilidade de nutrientes. A análise foliar permite, dentre outras finalidades, acompanhar, avaliar e ajustar os programas de fertilização agrícola (Coelho et al., 2013).

A partir destas dificuldades, surgiram alternativas como o uso de métodos de diagnóstico em tempo real usando a planta ou o solo como indicadores, permitindo uma avaliação rápida (Fontes, 2011; Kurtz, 2015). Estas ferramentas podem permitir a antecipação da diagnose do estado nutricional das plantas, possibilitando que ajustes no estado nutricional das lavouras sejam feitos de forma tempestiva à aplicação de fertilizantes, na própria safra em que o monitoramento foi realizado (Kurihara, 2004; Wadt; Alvarez, 2005).

De acordo com Sexton e Carroll (2006), as avaliações dos teores de nitrato N-NO_3^- na seiva, na solução do solo e clorofila na folha são testes rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o sensoriamento em tempo real do estado nutricional das plantas, possibilitando a aplicação de doses adequadas na adubação durante o ciclo da cultura. A obtenção dos teores de NO_3^- da folha diagnose, usando a metodologia proposta por Biasi (2006), poder ser quantificado com o auxílio de medidores portáteis de íons específicos. A obtenção de pequena quantidade de suco celular (a partir de 0,1 mL) da folha, do limbo ou do pecíolo é suficiente para a determinação dos teores desses nutrientes.

A escassez de informações consistentes sobre adubação nitrogenada da cultura do alho livre de vírus constitui-se em grande entrave para a exploração dessa cultura de forma mais eficaz. Assim, torna-se imprescindível indicar métodos eficientes de diagnóstico para avaliar o estado nutricional das cultivares utilizadas, por serem mais produtivas e respondendo com maiores produtividades as quantidades de nutrientes indicadas para as cultivares infectadas.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o uso de tecnologias de diagnóstico nutricional de nitrogênio de plantas de alho livre de vírus submetidas a doses de N por meio da utilização de medidores de íons específicos de NO_3^- na solução do solo e solução do suco foliar, medidor portátil de clorofila, teores de nitrogênio na folha e sua relação com a produtividade e qualidade dos bulbos.

2.5 MATERIAL E MÉTODOS

Cinco experimentos foram conduzidos em lavouras comerciais de alho livre de vírus nos municípios de Fraiburgo e Frei Rogério, localizados no Meio-Oeste catarinense, nas safras de 2015 e 2016. De acordo com a escala de Köppen (1936), o clima da região é classificado como Cfb (Pandolfo et al., 2002). Os solos onde os experimentos foram conduzidos são classificados em Nitossolo Bruno Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). Os atributos físicos e químicos dos solos dos cinco experimentos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS COM DOSES DE NITROGÊNIO NAS SAFRAS 2015 E 2016.

Safr	Experimento	Argila	MO	pH	P	K	Ca	Mg	CTC
		g kg ⁻¹	%	H ₂ O	Mehlich 1	dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	pH 7,0
2015	1	55	3,9	6,2	10,5	248,0	9,3	1,7	13,18
2015	2	62	4,3	5,7	7,4	116,6	6,9	2,0	13,56
2015	3	63	3,9	5,8	9,9	138,2	6,1	2,6	13,94
2016	4	55	4,9	6,1	3,1	216,0	9,2	3,6	18,50
2016	5	55	4,9	6,1	3,1	216,0	9,2	3,6	18,50

Nas safras 2015 e 2016 os tratamentos dos experimentos foram constituídos pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio, na forma de nitrato de amônio (32% N), distribuídas em três aplicações durante o ciclo da cultura: 1/3 no plantio, 1/3 entre 30 e 40 dias após o plantio e 1/3 após a diferenciação visual em bulbilho.

Para os tratamentos, adotou-se a dose recomendada de 200 kg ha⁻¹, e os demais tratamentos sendo: D0 = zero; D1 = metade da dose recomendada; D2 = a dose recomendada; D3 = 1,5 vez a dose recomendada, D4 = 2 vezes a dose recomendada, o que correspondeu, respectivamente, às doses de 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹. A dose e o manejo da adubação nitrogenada foram de acordo com CQFS-RS/SC (2004).

As parcelas foram dispostas nos canteiros e constituídas por três linhas duplas de plantio de 5 m de comprimento, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 12 cm, entre fileiras duplas de 38 cm, entre plantas 10 cm e entre as linhas externas de canteiros adjacentes de 45 cm. A densidade de plantio foi de 45 bulbilhos-semente/m², sendo a área útil composta pelas seis fileiras, desconsiderando-se 1 m das extremidades de cada fileira. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições.

No cultivo do alho utilizou-se bulbilhos-semente livres de vírus, provenientes de cultura de meristemas, da cultivar Chonan nos experimentos 1, 2, 4 e 5 e cultivar Ito no experimento 3. Nos experimentos foi utilizada irrigação por aspersão e o plantio, controle de pragas, doenças, plantas invasoras e tratos culturais foram realizados de acordo com EPAGRI (2002).

Como tecnologias para o diagnóstico do estado nutricional de nitrogênio das plantas de alho, utilizou-se os teores de nitrato (NO_3^-) da solução do solo e do suco foliar, os teores totais de N e os teores relativos de clorofila na folha diagnóstica e a condutividade elétrica da solução do solo. A coleta da solução do solo foi realizada na fase de diferenciação das plantas (cerca de 125 DAP), imediatamente antes de ser realizada a aplicação da segunda dose de N em cobertura. Para obtenção das amostras, foi instalado um extrator de cápsula porosa no centro da área útil de cada parcela, na profundidade de 20 cm, medido a partir da metade da altura da cápsula porosa. Com o auxílio de uma bomba manual de vácuo, aplicou-se uma pressão de sucção de aproximadamente 600 mmHg no interior do tubo. Após 24h, as soluções extraídas por meio dos extratores foram recolhidas, armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. A partir da solução obtida pelos extratores de cápsula porosa, foram determinados os teores de NO_3^- por meio de medidores de íons seletivos, modelo LaquaTwin B-743 (Horiba Ltd., Kyoto, Japan).

Amostras da solução do suco da folha e a medição do teor de relativo de clorofila foram realizadas na mesma ocasião da coleta da solução do solo. Para isso, foram coletadas dez folhas diagnósticas (4ª folha mais jovem totalmente expandida) das plantas, aleatoriamente em cada parcela, como indicado por Biasi (2006). Para obtenção da solução do suco celular, fragmentos de 1,5 cm da parte basal de cada uma das folhas foram prensados com o uso de um equipamento manual (espremedor de alho), até a coleta de uma alíquota superior a 0,1 mL disposto em tubo tipo 'Eppendorf' e armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. Os teores de NO_3^- foram quantificados por meio de medidor de íons seletivos, já descrito.

As determinações dos teores relativos de clorofila foram realizadas na parte central das dez folhas coletadas para a quantificação de NO_3^- . A leitura por folha deu-se pela média de duas leituras, uma na metade inferior e outra na metade superior da folha, utilizando-se clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL1030 (FALKER).

As dez folhas utilizadas para extração da solução do suco foliar foram lavadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C até massa constante, moídas e submetidas

à análise química de N no laboratório de Ensaio Químico da Estação Experimental de Caçador (EPAGRI) de acordo com metodologia de Tedesco et al. (1995).

O nível crítico (NC) foi estimado associando-se os valores das variáveis $N-NO_3^-$ na solução do suco celular e na solução do solo, índice de suficiência de nitrogênio, e teores de N no tecido foliar com o rendimento de bulbos e estimados pela equação de regressão na produção máxima dos bulbos (Fontes, 2011).

A obtenção dos níveis críticos foi utilizada para determinar o estado de N na planta e avaliar o potencial de uso na recomendação da adubação nitrogenada.

As variáveis também foram correlacionadas entre si (correlação de Pearson) para verificar a relação entre eles e avaliar o potencial de uso como ferramentas para o diagnóstico do estado de N no alho.

A colheita dos bulbos realizou-se em um metro linear de canteiro dentro da área útil da parcela. Após a colheita, as plantas foram submetidas à cura por cerca de 40 dias, sendo então determinada a produtividade total em $kg\ ha^{-1}$ e a porcentagem de bulbos superbrotados e abertos (sem as túnicas que recobrem os bulbilhos), considerado alho indústria. Os bulbos adequados à comercialização foram distribuídos em classes de tamanho segundo a portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992, do MAPA (Luengo, 2018).

Os dados foram submetidos à análise de variância, com aplicação do Teste F e quando significativo, com pelo menos 5% de probabilidade de erro, procedeu-se o estudo de regressão polinomial. Para escolha do melhor modelo de regressão, optou-se pelo modelo significativo de mais alto grau. Para a análise dos dados, utilizou-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2010).

Para o cálculo da dose mais econômica de ureia para a cultura do alho, consideramos o preço do kg do alho de R\$ 9,00 e o custo do quilo da ureia de R\$ 1,10 para o ano de 2015 que compreendeu os experimentos 1, 2 e 3. Para o ano de 2016 (experimentos 4 e 5) os valores considerados para o preço do kg do alho foi de R\$ 7,50 e o custo do quilo da ureia de R\$ 1,20. Em ambos os anos/experimentos o custo da ureia foi acrescido aos custos por hectare das três aplicações do fertilizante perfazendo o acréscimo de R\$ 0,30 por quilo aplicado.

Com o objetivo de atenuar os problemas de variação cambial e de oscilação nos preços do mercado, trabalhou-se com uma relação de troca em vez da moeda corrente, buscando-se assim dados mais estáveis. Dessa maneira, a “moeda” utilizada nos cálculos, durante todo o estudo, foi o próprio alho, considerando-se a seguinte relação de equivalência: quilo de ureia

aplicada/ kg de alho igual R\$ 1,40 / R\$ 9,00 = 0,1556 para 2015 e de R\$ 1,50 / R\$ 7,50 = 0,2000 para 2016.

A dose mais econômica, considerando as indicações de Natale et al. (2010; 2011) foram calculadas pela equação 1 com base na derivada da equação de regressão entre a produção do alho e as doses de ureia aplicada, tornando-a igual à relação de troca, ou seja:

$$\frac{dx}{dy} = a_1 + 2 \times a_2 x = \text{relação de troca} \quad (1)$$

2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revela que houve efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos em todos os cinco experimentos para produção de alho comercial, industrial e total, há exceção somente no experimento 3, onde não houve efeito das doses de N na produção total (Tabela 2).

TABELA 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO OESTE CATARINENSE.

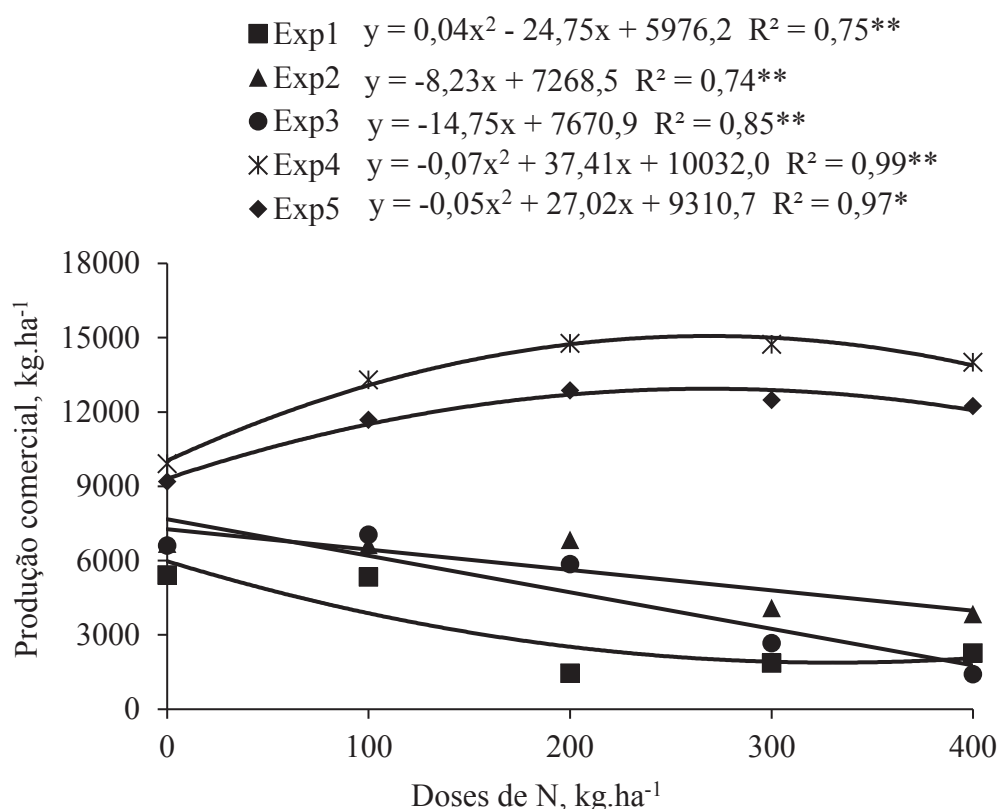
Experimentos	Produção		
	Comercial	Industrial	Total
1			
F	116**	54,4**	15,95**
CV, %	9,95	12,2	5,67
2			
F	15,61**	147,6**	14,84**
CV, %	11,76	7,95	6,75
3			
F	48,85**	11,2**	3,42 ^{ns}
CV, %	13,22	34,85	8,89
4			
F	8,92**	14,4**	22,7**
CV, %	10,08	23,65	7,2
5			
F	3,98*	11,63**	28,9**
CV, %	12,53	20,09	55,8

*, **, ^{ns}: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

A produção de alho comercial apresentou um comportamento distinto nas duas safras. Na safra 2015 observou-se uma diminuição quadrática na produção comercial no experimento 1 e linear nos experimentos 2 e 3 com o incremento das doses de N (Figura 1). Por outro lado,

na safra 2016, esta variável aumentou de forma quadrática nos dois experimentos (4 e 5). A máxima produção comercial foi obtida com as doses 307 e 269 kg ha⁻¹ de N, nos experimentos 4 e 5, respectivamente, com uma produção de 15.776,80 e 12.938,25 kg ha⁻¹.

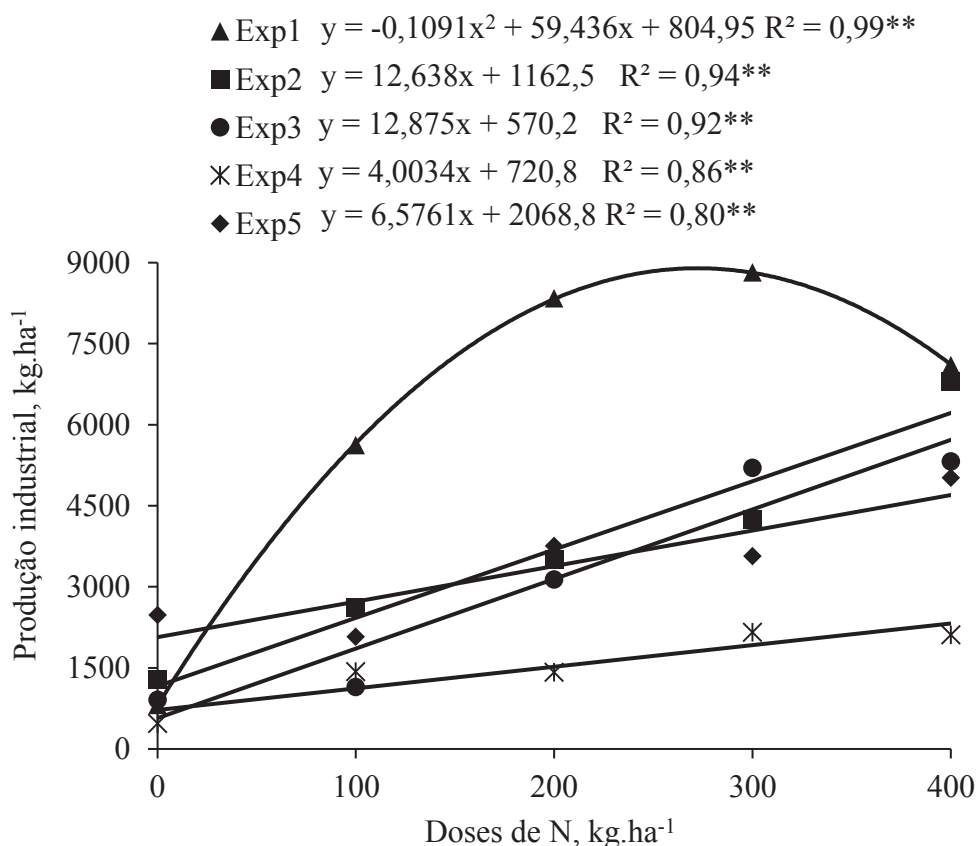
FIGURA 1 - PRODUÇÃO COMERCIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **, ns: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo.

Independente da safra, a produção de bulbos da classe indústria aumentou com o incremento nas doses de N (Figura 2), principalmente no experimento 1, com a quase totalidade do alho colhido sendo considerado alho baixo valor comercial. Para os experimentos 1, 2, 4 e 5, houve aumento quadrático da produção total de bulbos com o aumento das doses de N (Figura 3) e somente no experimento 3 não houve efeito da aplicação de N. A produção total foi expressivamente superior na safra 2016, alcançando 16.570,81 e 16.834,18 kg ha⁻¹ de alho com a aplicação de 316 e 362 kg ha⁻¹ de N, respectivamente nos experimentos 4 e 5.

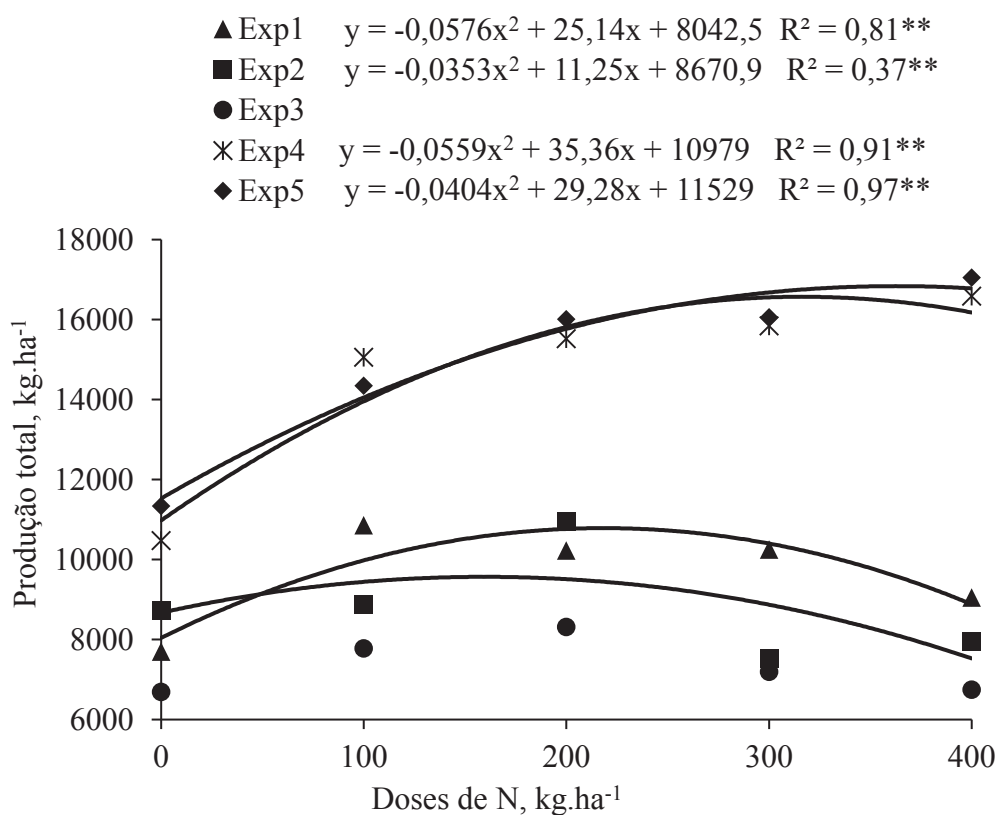
FIGURA 2. PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **, ns: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo.

A resposta negativa na produção comercial, e a consequente maior produção de alho indústria, assim como uma menor produção total com maiores doses de N verificada nos experimentos conduzidos na safra 2015 (experimentos 1, 2 e 3) podem ser explicadas pela condição climática extremamente desfavorável ocorrida no cultivo destes experimentos. Na respectiva safra observou-se temperaturas negativas tardias, ocorridas nos dias 13 e 14 de setembro (-2,5°C, em ambos os dias), coincidindo com a fase de diferenciação do alho, e altíssimas precipitações pluviométricas da metade ao término do ciclo de produção do alho (meses de outubro a dezembro) onde a precipitação mensal acumulada foi de 397; 291 e 218 mm, sendo o número de dias dos meses com chuva de 20, 23 e 21, respectivamente (EPAGRI/CIRAM, 2015).

FIGURA 3 - PRODUÇÃO TOTAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **, ns: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo.

As condições climáticas adversas, associadas ao aumento de doses de N aplicadas nos experimentos, favoreceram o aparecimento do distúrbio vegetal denominado pseudoperfilhamento ou superbrotamento, além de alta incidência de bacteriose. Estas duas condições deterioraram a qualidade do alho, sendo, portanto, a produção destinada a industrialização, e assim classificado como alho indústria. De acordo com Filgueira (2013), o alho é extremamente sensível ao mais leve excesso no fornecimento de N, o excesso deste nutriente pode acarretar à indução do pseudoperfilhamento ou superbrotamento que é um processo de intumescimento na região entre o pseudocaule e o disco basal, pelo acúmulo de reservas na base das bainhas foliares, resultando na formação de um pseudobulbo. Fatores esses, estão diretamente ligados à superestimação da adubação nitrogenada, temperatura e altas precipitações.

O pseudoperfilhamento é uma anomalia genético-fisiológica que se caracteriza pela brotação dos bulbilhos antes da colheita, dando à planta o aspecto de ramificação abundante

(Souza, 1990, Resende; Souza, 2001, Büll et al., 2002). O pseudoperfilhamento ou superbrotamento pode ocorrer em qualquer cultivar, como verificado por Resende (2000) e Resende; Souza (2001), avaliando a cultivar Quitéria e Bull et al. (2002), avaliando a cultivar Roxo Pérola de Caçador. Todos os autores concluíram que quanto maior a dose de N utilizada, maior a incidência de bulbos superbrotados.

Para os experimentos 4 e 5, conduzidos na safra 2016, as condições climáticas favoráveis propiciaram satisfatória produtividade de alho, comparada à produção de alho observada nos estados de Minas Gerais e Goiás de 15,0 e 13,3 ton ha⁻¹, respectivamente o primeiro e segundo maiores produtores do Brasil, e com produtividades significativamente superiores às obtidas no sul do Brasil, alcançando produções de 10,4, 8,0 e 4,9 ton ha⁻¹ para Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná respectivamente (Epagri, 2017). A safra 2016 transcorreu em condições climáticas consideradas normais para a produção de alho em SC e, por conta disso, os resultados obtidos com a aplicação do N podem ser utilizados para estabelecer recomendações de N para lavouras comerciais da região. Os experimentos 4 e 5 indicam que as doses de 307 e 269 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram, respectivamente, as máximas produtividades comerciais de alho na safra 2016 (Figura 1). Estas doses são próximas às atuais recomendações de N para a cultura do alho para os estados do Rio Grande do Sul e SC (CQFS-RS/SC, 2016), a qual estabelece uma dose total de 300 kg ha⁻¹ de N a ser aplicada no ciclo da cultura em solos com 2,5 a 5,0% de matéria orgânica. Intervalo este que compreende os locais de todos os experimentos (Tabela 01), e representa grande parte dos solos com cultivo de alho no estado de Santa Catarina. Contudo o CQFS-RS/SC (2016) lembra que a dose a ser aplicada após a diferenciação das plantas (segunda cobertura) pode variar de acordo com o vigor das plantas, doenças e pré-disposição das plantas ao superbrotamento, assim a indicação da adubação nitrogenada para anos com elevadas precipitações, mostra-se excessivas, como demonstrado pelos resultados obtidos na safra 2015.

Para Fernandes et al. (2011) em estudo realizado no município de São Manoel (SP), a máxima produtividade comercial e o peso médio de bulbos foram obtidos com doses de 320 e 321 kg ha⁻¹ de N. Backes et al. (2008) atingiram valores semelhantes de produtividade com a aplicação de 268 kg ha⁻¹. Resende; Souza (2001) também obtiveram aumento linear na massa média de bulbos com doses crescentes de nitrogênio (21,6 e 31,9 g com as doses de 150 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente).

As doses de N influenciaram um menor número de tecnologias de diagnóstico nutricional na safra 2015 em relação à safra 2016. Na safra 2015 o efeito foi observado para o NO₃⁻ da solução do suco foliar no experimento 3 e para N foliar e índice relativo de clorofila

nos experimentos 1, 2 e 3 (Tabela 3). Para os parâmetros associados ao solo, condutividade elétrica da solução do solo o efeito foi observado nos experimentos 2 e 3, já para NO_3^- não se observou efeito das doses de N em 2015. Por outro lado, a safra 2016 observou-se efeito das doses de N nos dois experimentos conduzidos neste ano, para todas as tecnologias de diagnóstico nutricional, exceto para o N foliar no experimento 4.

TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DAS DOSES DE NITROGÊNIO (TRATAMENTOS) NOS TEORES DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA (IRC) E NITROGÊNIO FOLIAR (NF) NO ALHO LIVRE DE VÍRUS EM CINCO EXPERIMENTOS CONDUZIDOS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.

Experimentos	Tecnologias de diagnóstico nutricional				
	NSS	NSSF	CESS	IRC	NF
1					
F	2,86 ^{ns}	2,86 ^{ns}	2,33 ^{ns}	53,47**	6,53*
CV, %	42,28	46,28	13,58	2,19	5,96
2	3,15 ^{ns}	3,15 ^{ns}	9,17**		
F	29,4	29,4	19,2	47,1**	4,36*
CV, %				1,62	6,31
3					
F	1,26 ^{ns}	9,08**	19,7**	25,25**	13,16*
CV, %	50,18	12,42	21,15	2,66	7,42
4					
F	138,50**	68,58**	16,70**	73,30**	2,14 ^{ns}
CV, %	12,24	16,60	19,00	3,13	0,27
5					
F	50,47**	3,27*	76,25**	56,70**	9,36**
CV, %	21,71	16,23	12,71	3,00	6,99

*, **, ^{ns}: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo.

Para o NO_3^- da solução do solo, o efeito do incremento das doses de N foi crescente e de forma quadrática nos experimentos 4 e 5 (Figura 4).

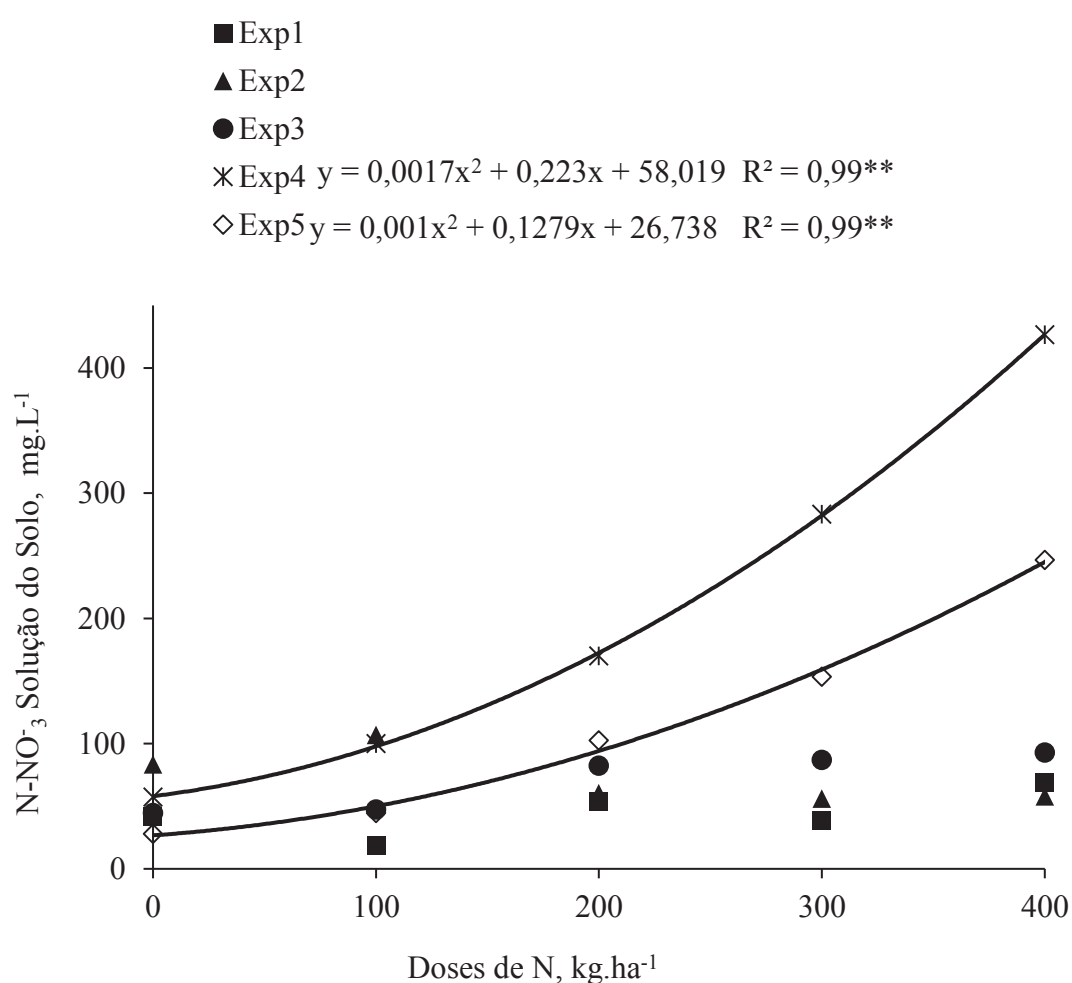
Considerando a significância da produção comercial dos experimentos 4 e 5 (Tabela 2) e a dose de nitrogênio para a máxima produção comercial (Figura 1), os teores de nitrato (N-NO_3^-) na solução do solo correspondentes observados foram de 286,7 e 133,5 mg L^{-1} , respectivamente (Figura 4).

O aumento dos teores destes íons pode explicar o aumento da condutividade elétrica observada nestes dois experimentos em função das doses de N, que alcançaram índices de 2,80

e $1,66 \text{ mS cm}^{-1}$ (Figura 5), para as doses de 307 e 269 kg ha^{-1} de nitrogênio que revelaram a máxima produção comercial (Figura 1).

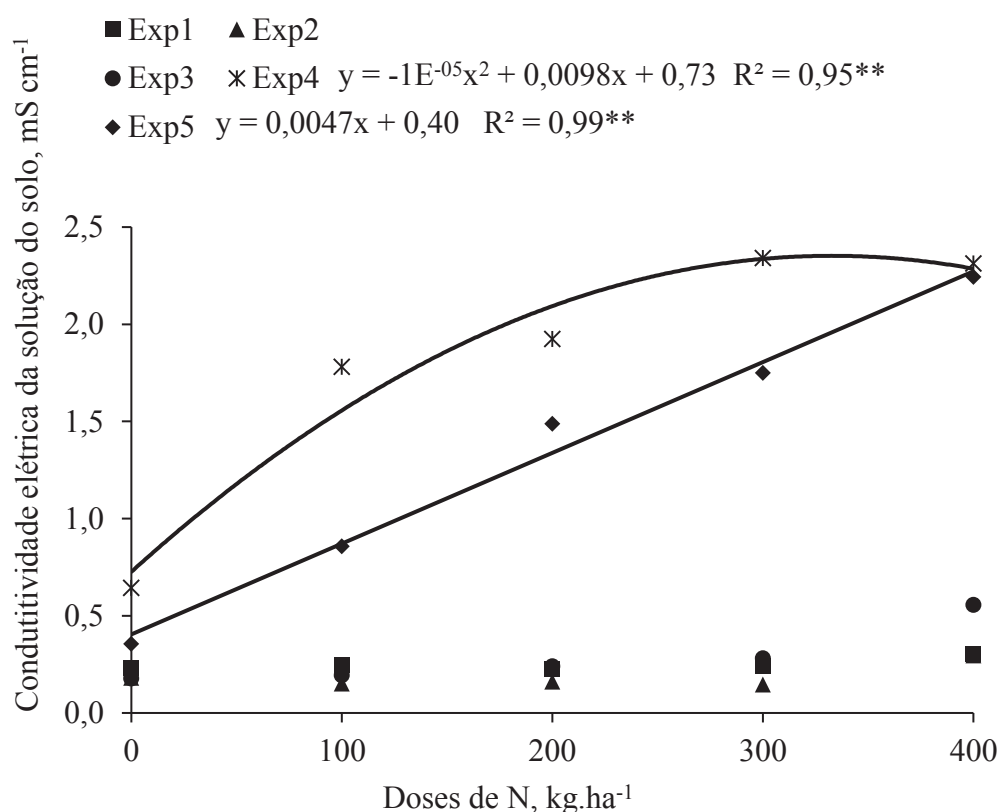
Provavelmente na safra 2015, as elevadas precipitações pluviométricas lixiviaram o N-NO_3^- para camadas mais profundas às avaliações (abaixo de 20 cm), o que poderia explicar a não alteração da condutividade elétrica às doses de nitrogênio aplicadas (Tabela 3).

FIGURA 4 - TEORES DE NITRATO (N-NO_3^-) NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 5 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

Diferentemente, nos dois experimentos da safra de 2016, com precipitações consideradas normais, ocorreu um expressivo aumento nos teores de $N-NO_3^-$ e da condutividade elétrica do solo. O monitoramento da concentração de $N-NO_3^-$ na solução do solo e da condutividade elétrica pode mostrar-se necessário para o melhor monitoramento das necessidades da cultura em função do excesso de chuva ou de irrigação, aumento da demanda do nutriente pelas plantas ou diminuir a quantidade de aplicada. Blanco et. al. (2008) constataram aumento da condutividade elétrica da solução do solo e da concentração de $N-NO_3^-$ na solução do solo proporcional às doses crescentes de nitrogênio aplicadas na cultura do tomateiro em cultivo protegido no município de Piracicaba, São Paulo. Souza et. al. (2012), em cultivo de citrus, indicaram que a condutividade elétrica da solução do solo aumenta conforme o incremento das doses de nitrogênio aplicadas, elevando os teores de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, na solução do solo.

Com relação às tecnologias de diagnóstico nutricional associadas às plantas, os teores de $N-NO_3^-$ da solução do suco foliar aumentaram de modo linear nos experimentos 1, 2, 3 e 4 e

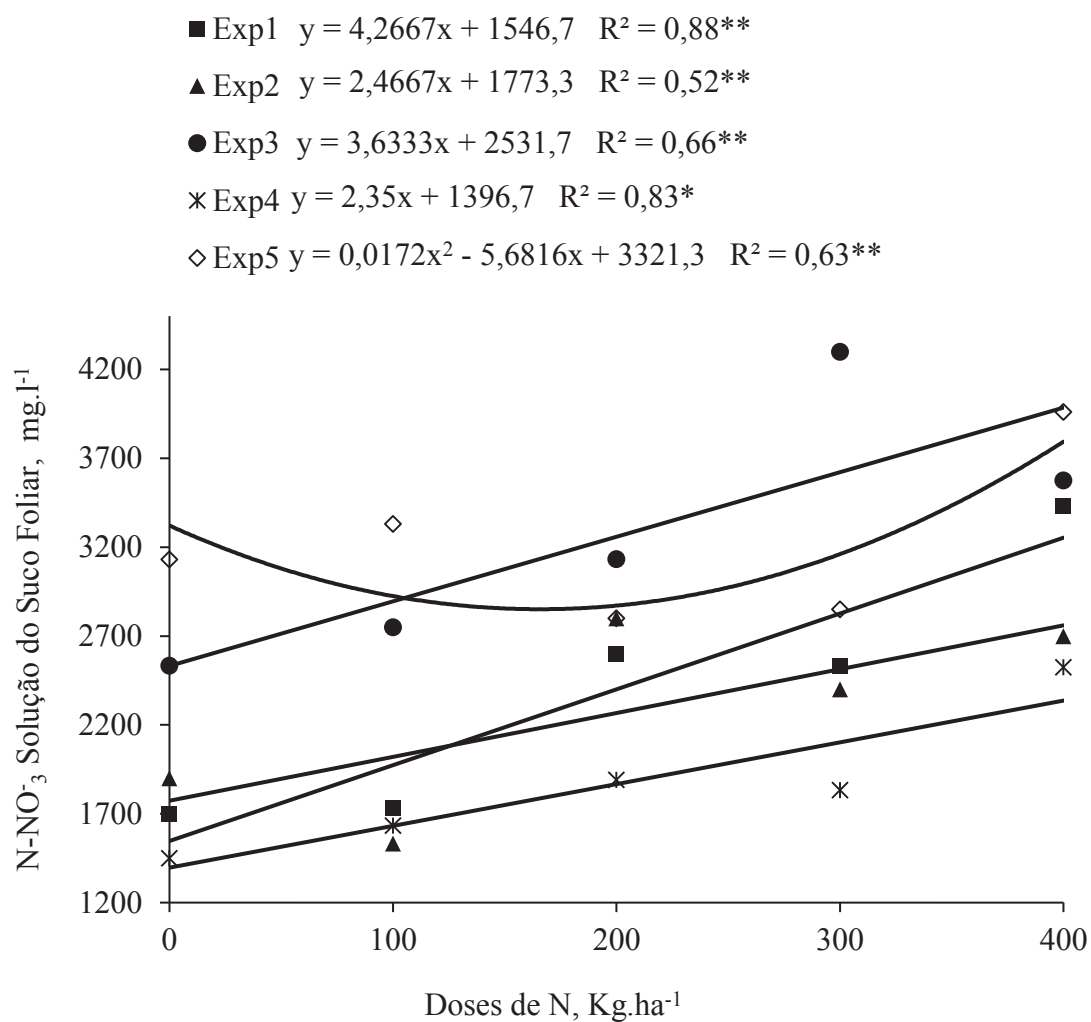
de modo quadrático no experimento 5 com o incremento das doses de N (Figura 6). Considerando a significância da produção comercial dos experimentos 4 e 5 (Tabela 2) e a dose de nitrogênio para a máxima produção comercial (Figura 1), os teores de nitrato (N-NO_3) na solução do suco foliar correspondentes observados foram de 2118,2 e 3037,6 mg l^{-1} , respectivamente (Figura 6).

Os teores de N foliar aumentaram linearmente nos experimentos 1 e 4 e de forma quadrática nos experimentos 2 e 5 (Figura 7). Considerando a significância da produção comercial do experimento 5 (Tabela 2) e a dose de nitrogênio para a máxima produção comercial (Figura 1), o teor foliar correspondente observado foi de 29,0 g kg^{-1} (Figura 7).

O índice relativo de clorofila aumentou de modo linear nos experimentos 2 e 3 e de modo quadráticos nos experimentos 1, 4 e 5 (Figura 8). Considerando a significância da produção comercial dos experimentos 4 e 5 (Tabela 2) e a dose de nitrogênio para a máxima produção comercial (Figura 1), o índice relativo de clorofila nas folhas do alho correspondentes observados foram de 93 e 76, respectivamente (Figura 8).

Resultados similares da relação entre a adubação nitrogenada e os teores relativos de clorofila obtidos no presente estudo também foram obtidos por Lima (2005) utilizando a cultivar ‘Caçador’. De modo semelhante, Fernandes et al. (2010), apontam que a aplicação de doses crescentes de N, elevou significativamente o índice relativo de clorofila nas folhas do alho. Segundo Coelho (2010), o efeito de doses progressivas de nitrogênio promove aumento nos teores de N e clorofila na quarta folha a partir do ápice na cultura da batata. Para Ferreira et al. (2011), a aplicação de N resultou em aumento nos teores de N-NO_3^- na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro. Souza et al. (2012), em citrus, indicam que o teor de NO_3^- na seiva aumentou de acordo com as doses de N aplicadas, para duas variedades estudadas. Segundo Fernandes et al. (2011) a correlação entre as variáveis índice relativo de clorofila e produtividade possibilita a estimativa da produtividade em função das leituras de índice relativo de clorofila, tendo como o maior coeficiente de correlação de 0,70 aos 50 DAP.

FIGURA 6 - TEORES DE NITRATO (N-NO_3^-) NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 7 - TEORES DE NITROGÊNIO (N) NAS FOLHAS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.

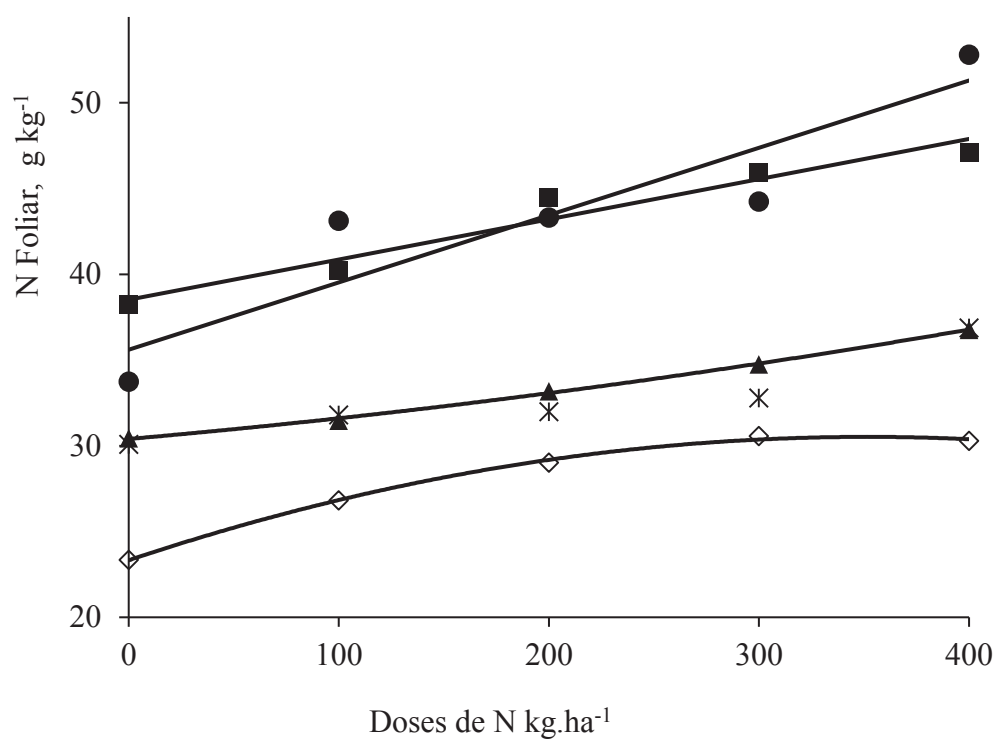
■ Exp1 $y = 0,0234x + 38,513$ $R^2 = 0,95^*$

▲ Exp2 $y = 1E-05x^2 + 0,0108x + 30,396$ $R^2 = 0,99^*$

● Exp3 $y = 0,0392x + 35,59$ $R^2 = 0,84^{**}$

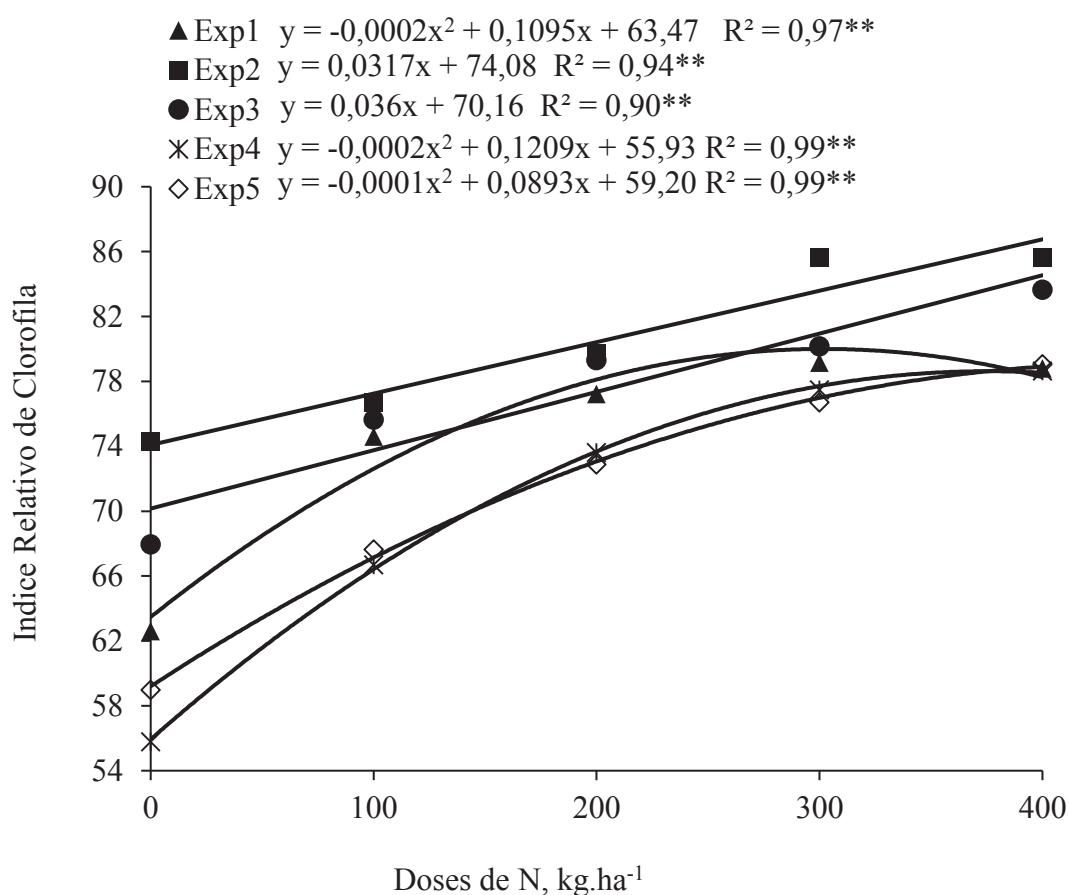
✕ Exp4

◇ Exp5 $y = -0,0002x^2 + 0,0746x + 23,441$ $R^2 = 0,99^{**}$



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 8 - ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA NAS FOLHAS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE N EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

2.6.1 Correlações entre as variáveis de produção e tecnologias de diagnóstico

A produção industrial, independente da safra, apresentou correlação positiva e significativa com o Nitrato na Solução do Solo (NSS), Nitrato na Solução do Suco Foliar (NSSF), Condutividade Elétrica da Solução do Solo (CESS), Nitrogênio Foliar (NF), IRC (Índice Relativo de Clorofila) em todos os cinco experimentos (Tabelas 4, 5, 6, 7, e 8). Somente o NSS no experimento 2 (Tabela 5) o NSSF no experimento 5 (Tabela 8) não apresentaram correlação com a produção industrial. Estes resultados demonstram que a medida que aumentam os valores das variáveis que são influenciadas pela aplicação de N, aumenta-se a incidência de superbrotamento e bacteriose no alho, caracterizado como alho indústria, de menor valor comercial.

Por outro lado, a produção comercial apresentou correlações totalmente distintas nas duas safras; em 2015, a correlação foi negativa e significativa para todas as tecnologias de diagnóstico nos experimentos 1 e 3 e somente não apresentou este comportamento para NSS, NSSF e CESS no experimento 2. Do contrário, na safra 2016, o IRC e a CESS se correlacionaram positivamente com a produção comercial nos experimentos 4 e 5, assim como o NSS e NSSF também se correlacionaram com a produção comercial no experimento 4. Novamente, as condições climáticas distintas nas duas safras explicam estas diferenças.

Com relação à produção total, constatou-se que não houve correlação com nenhuma das tecnologias de diagnóstico nos experimentos da safra de 2015 (Tabelas 4, 5 e 6). Já para a safra de 2016 a produção total apresentou correlação positiva com todas as tecnologias de diagnóstico, com exceção do N foliar no experimento 4 (Tabela 7) e NSSF no experimento 5 (Tabela 8). Resultados semelhantes entre variáveis associadas à produção e tecnologias de diagnóstico foram obtidos Fernandes, et.al. (2010), que observaram correlações entre o índice relativo de clorofila (IRC), teor de nitrogênio na folha, produtividades total e comercial de bulbos. Em cultivo de batata Silva Coelho et.al. (2010), verificaram que houve correlação linear e positiva entre os valores do índice de clorofila e a produção de tubérculos, indicando que há boa perspectiva no seu uso para o prognóstico da produtividade.

Verificou-se, de modo geral, que as tecnologias de diagnóstico nutricional apresentaram correlações significativas e positivas entre si, porém, com maior número de correlações positivas nos experimentos 4 e 5. Dentre as tecnologias de diagnóstico, destacou-se o Índice Relativo de Clorofila (IRC), que somente não se correlacionou com a CESS no experimento 2 (Tabela 5) e o NSSF no experimento 5 (Tabela 8). A correlação positiva entre o IRC e N foliar ($0,76^{**}$; $0,66^{**}$; $0,76^{**}$; $0,47^*$ e $0,86^{**}$) obtidas nos experimentos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, pode ser explicada pela maior quantidade de clorofila em função do maior teor de N, uma vez que esse nutriente participa com 4 moléculas na sua composição química (Taiz; Zeiger, 2009). Dados semelhantes foram obtidos por Lima (2005), que avaliou a correlação entre IRC e N foliar a cada 10 dias durante o ciclo da cultura de 130 dias, utilizando a cultivar Caçador, obtendo o maior coeficiente de correlação ($0,76^{**}$) aos 70 DAP.

TABELA 4 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 1 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Atributos	PC	PT	NSS	NSSF	CESS	NF	IRC
PI	-0,89**	0,03	0,58*	0,83**	0,67**	0,83**	0,77**
PC		0,33	-0,53*	-0,71**	-0,81**	-0,62**	-0,72**
PT			0,01	0,11	-0,40	0,13	0,11
NSS				0,52*	0,35	0,41	0,64*
NSSF					0,40	0,40	0,69**
CESS						0,60*	0,72**
N F							0,76**

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 5 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 2 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Atributos	PC	PT	NSS	NSSF	CESS	N F	IRC
PI	-0,76**	-0,30	-0,50	0,59*	0,57*	0,78**	0,87**
PC		0,64**	0,35	-0,42	-0,48	-0,74**	-0,79**
PT			-0,01	0,09	-0,24	-0,45	-0,38
NSS				-0,59*	-0,00	-0,36	-0,54*
NSSF					0,42	0,58*	0,62*
CESS						0,46	0,35
NF							0,66**

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 6 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 3 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Atributos	PC	PT	NSS	NSSF	CESS	N F	IRC
PI	-0,89**	-0,03	0,58*	0,83**	0,67**	0,58*	0,77**
PC		0,33	-0,53*	-0,71**	-0,81**	-0,62*	-0,72**
PT			0,01	0,11	-0,40	0,13	0,11
NSS				0,52*	0,35	0,41	0,64*
NSSF					0,40	0,40	0,69**
CESS						0,60*	0,72**
NF							0,76**

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 7 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 4 PARA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2016.

Atributos	PC	PT	NSS	NSSF	CESS	NF	IRC
PI	0,63**	0,73**	0,74**	0,50**	0,75**	0,45*	0,86**
PC		0,89**	0,49*	0,53*	0,71**	0,17	0,75**
PT			0,67**	0,66**	0,83**	0,41	0,87**
NSS				0,72**	0,72**	0,52*	0,83**
NSSF					0,50*	0,50*	0,63**
CESS						0,37	0,87**
NF							0,47*

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 8 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO (NSS), NITRATO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (NSSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS), NITROGÊNIO FOLIAR (NF), IRC (ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA) NO EXPERIMENTO 5 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2016.

Atributos	PC	PT	NSS	NSSF	CESS	NF	IRC
PI	0,18	0,57**	0,84**	0,27	0,75**	0,69**	0,72**
PC		0,80**	0,42	-0,13	0,61**	0,41	0,61**
PT			0,76**	0,13	0,89**	0,70**	0,86**
NSS				0,37	0,91**	0,65**	0,81**
NSSF					0,25	0,04	0,16
CESS						0,70**	0,92**
NF							0,86**

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

2.7 TEORES CRÍTICOS PARA MÁXIMO RENDIMENTO RELATIVO DE ALHO

Diante das acentuadas diferenças verificadas nos experimentos conduzidos nas duas safras, em decorrência das condições climáticas, os rendimentos comerciais relativos foram comparados às tecnologias de diagnóstico em cada safra.

As duas tecnologias de diagnóstico associadas à solução do solo estudadas no presente estudo, teores de NO_3^- (Figura 9) e condutividade elétrica (Figura 10), apresentaram uma relação com a produtividade comercial relativa apenas na safra 2016. A produtividade comercial relativa aumentou de modo quadrático com o aumento dos teores de NO_3^- da solução do solo e condutividade elétrica, obtendo-se 100% do rendimento relativo com teor de 206 mg l^{-1} e $1,98 \text{ mS cm}^{-1}$, respectivamente. Resultados obtidos por Eloi et al. (2011) indicam que a condutividade elétrica do solo adequada para a cultura do tomate é de $3,17 \text{ dS m}^{-1}$; Medeiros et al. (2010), para a cultura do pepino indicam $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Deste modo, estas duas tecnologias apresentam um alto potencial para diagnóstico nutricional de nitrogênio, especialmente em anos com condições climáticas normais. De acordo com Silva et al. (2012), a condutividade elétrica da solução do solo determina a quantidade de íons disponíveis a planta, sendo para cada cultura indica um valor limiar, a partir do qual, o desenvolvimento da planta é prejudicado. Souza (2010) indica o monitoramento da solução do solo no manejo da fertirrigação, principalmente em relação ao nitrogênio, devido à dinâmica deste elemento no solo e à dificuldade de avaliação e de sua disponibilidade para as plantas.

Souza et.al. (2012) recomendam o uso da CE da solução do solo no manejo da fertirrigação, sendo que quando valores de condutividade elétrica da solução do solo acima do limiar são constatados, a recomendação é de se reduzir a quantidade de fertilizantes aplicados, e quando são constatados valores abaixo do limiar deve-se aumentar a quantidade de fertilizantes. A medida da CE da solução do solo também é recomendada para constatar perdas por lixiviação (Silva et al., 2012). Souza (2010) e Bardivieso (2015) constataram a redução drástica dos valores de condutividade elétrica da solução solo a 30 cm e a elevação da condutividade elétrica na profundidade de 60 cm quando ocorreram altas precipitações pluviais.

Dentre as tecnologias de diagnóstico nutricional associada ao alho livre de vírus, somente o teor de N-NO_3^- da solução da folha (Figura 11) não apresentaram relação com a produtividade comercial relativa na safra 2016, no entanto, esta variável na safra 2015, indica que com seu aumento há decréscimo da produtividade comercial. Resultados obtidos por Gaviola; Lipinski (2002) utilizando a cultivar de alho ‘Fuego INTA’ em Mendonza, Argentina,

observaram que os teores de N-NO_3^- da solução do suco foliar foram correlacionados com a aplicação de fertilizante nitrogenado e ajustou-se um modelo quadrático para o rendimento de bulbos. O maior rendimento de bulbos foi obtido com o tratamento de fertilização de 300 kg de N ha^{-1} , sendo que os limiares de concentração NO_3^- foram definidos na solução do suco foliar para maximizar os rendimentos.

Ferreira et. al. (2011) e Souza et. al. (2012) indicam que a aplicação de nitrogênio resulta em aumento nos teores de N-NO_3^- na solução do suco foliar, e como descrito por (Bull et al., 2001; Bull et al., 2002; Lucini, 2004; Filgueira, 2013) o nitrogênio é um nutriente decisivo no aumento da produtividade, mas também pode contribuir para o aumento da incidência do pseudoperfilhamento, por consequência a produção de bulbos na classe industrial. Souza et. al. (1990), citam que além da adubação nitrogenada, outros fatores estão relacionados à ocorrência do pseudoperfilhamento na cultura do alho, como fotoperíodo, cultivares e irrigação e Vieira (2012), destaca ainda altas temperatura e altas precipitações. Estando a quantidade e N-NO_3^- intimamente ligada a quantidade de nitrogênio disponível na planta, aliados a este conjunto de fatores, há uma maior produção de alho na classe industrial, diminuindo a quantidade de bulbos destinados a classe comercial, o que explica o comportamento observado neste experimento.

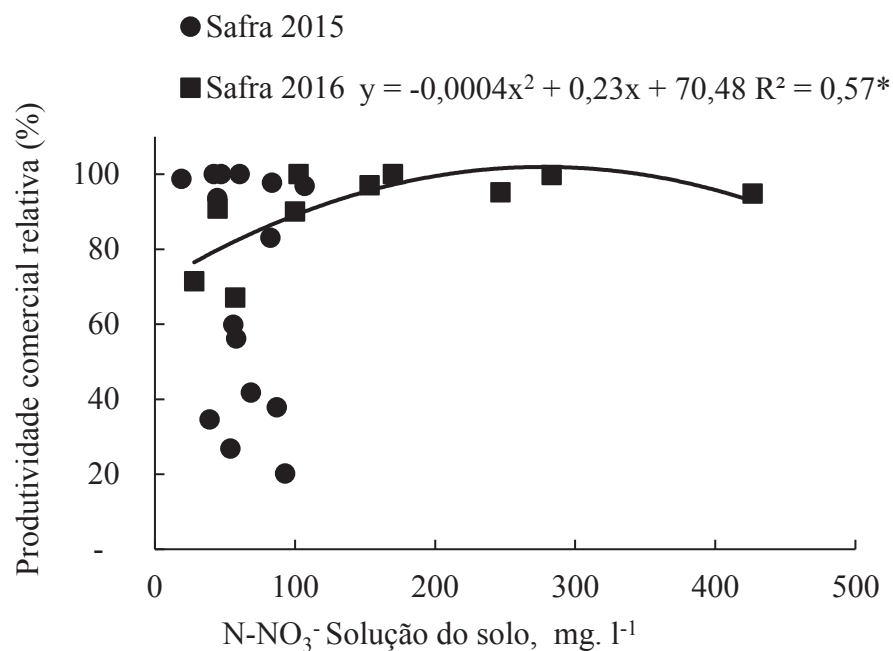
Já o índice relativo de clorofila foi a única tecnologia que apresentou uma relação significativa com a produtividade comercial relativa nas duas safras (Tabela 3, Figura 13). O comportamento foi distinto nas duas safras; na safra 2015, a máxima produtividade comercial foi obtida com os menores valores de IRC; na safra 2016, observou-se um aumento quadrático da produtividade comercial com o aumento do IRC, obtendo-se o máximo de produtividade com o IRC de 76. Valores semelhantes foram encontrados por Fernandes et. al., (2010) avaliando a cultivar de alho Caçador livre de vírus, no Município de Guarapuava-PR, obteve a correlação entre o índice relativo de clorofila, teor de nitrogênio na folha e produtividade total de plantas de alho, com coeficiente de correlação obtidos 0,73. Em estudo com a cultura da batata Silva et. al., (2010) obtiveram o IRC crítico associado à máxima eficiência econômica de 6,13 e 6,96 mg g^{-1} de matéria fresca, para as cultivares Ágata e Asterix, respectivamente. Já para Silva Coelho et. al. (2010) avaliando as mesmas cultivares de batata verificaram o nível crítico do teor de N na matéria seca associado à dose de N que propiciou a produção de máxima eficiência econômica de 66,7 g kg^{-1} para Ágata e 75,2 g kg^{-1} para Asterix. O uso do nível crítico na interpretação de resultados de análise foliar deve ser feito tomando algumas precauções, considerando cultivar, época de amostragem e de aplicação do fertilizante, entre outras (Fontes, 2011).

A presente experimentação, para a safra agrícola de 2016, indicou que a produtividade comercial relativa de 96,4% está associada ao teor máximo de 26,2 g kg⁻¹ de N (Figura 12), valor que se encontra 10,7% abaixo da indicação do experimento 5 (29,0 g kg⁻¹ de N) (Figura 7). Tais discrepâncias podem estar associadas a adequação do ajuste do modelo matemático, que apesar de serem todos significativos apresentam coeficientes de determinação (R^2) de 0,99 (Figura 7) e 0,54 (Figura 12).

A concentração crítica ou teor crítico (TC), teve como marco o trabalho de Ulrich; Hills (1967), de acordo com este estudo, nas regiões indicadas por ‘zona de deficiência’ (teores inferiores à zona de transição), a planta tende a aumentar sua produção em resposta ao fornecimento do nutriente, o elemento será absorvido e, como consequência, haveria crescimento/produção, com pequena elevação dos teores foliares do nutriente. Baseado nos trabalhos de Smith (1962) e Prevot et. al. (1957), a curva clássica do teor crítico, descreve a relação entre o teor de um elemento na folha e o crescimento ou produção.

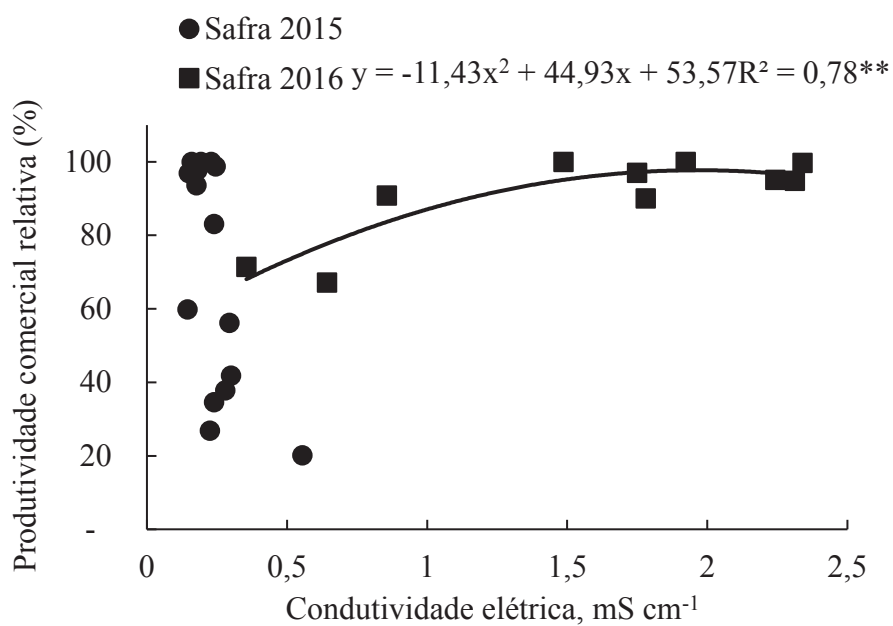
A fim de evitar a super ou a sub aplicação de insumos e, consequentemente, garantir o máximo retorno econômico, estudos sobre a dose econômica, em experimentos de longa duração, em especial com plantas perenes, devem ser realizados (Natale et al., 2011), devido à sua escassez na literatura. Quando ocorre consumo de luxo de nutrientes pelas culturas, há a possibilidade de não haver retorno econômico satisfatório, pois, o agricultor pode ter investido para que o aumento destes teores fosse efetivado por meio da aplicação de fertilizantes e/ou corretivos. Assim, se a planta aumenta os teores de elementos em seus tecidos, porém, não eleva a produtividade, significa ineficiência, visto que a cultura não está convertendo nutrientes em produção.

FIGURA 9 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NITRATO (N-NO_3^-) NA SOLUÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.



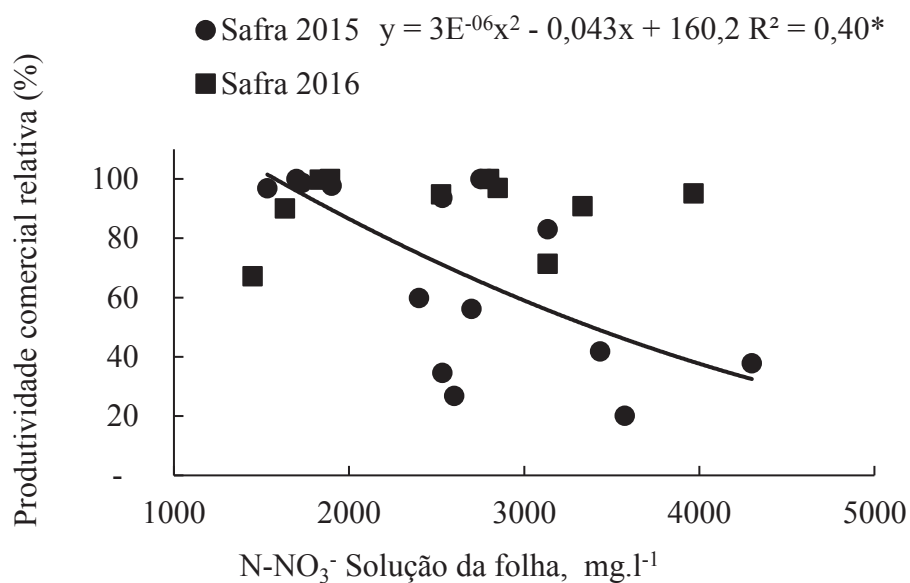
*, **: significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.



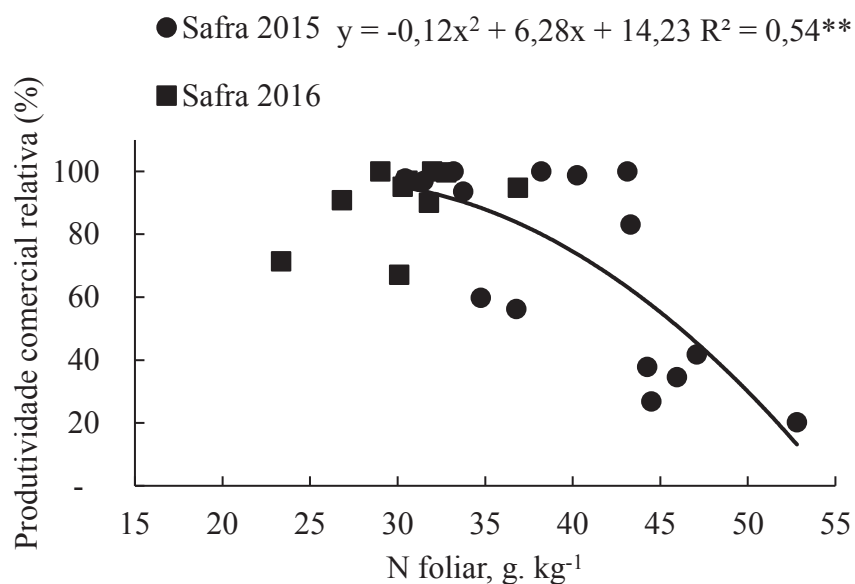
*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 11 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE NITRATO (N-NO_3^-) NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.



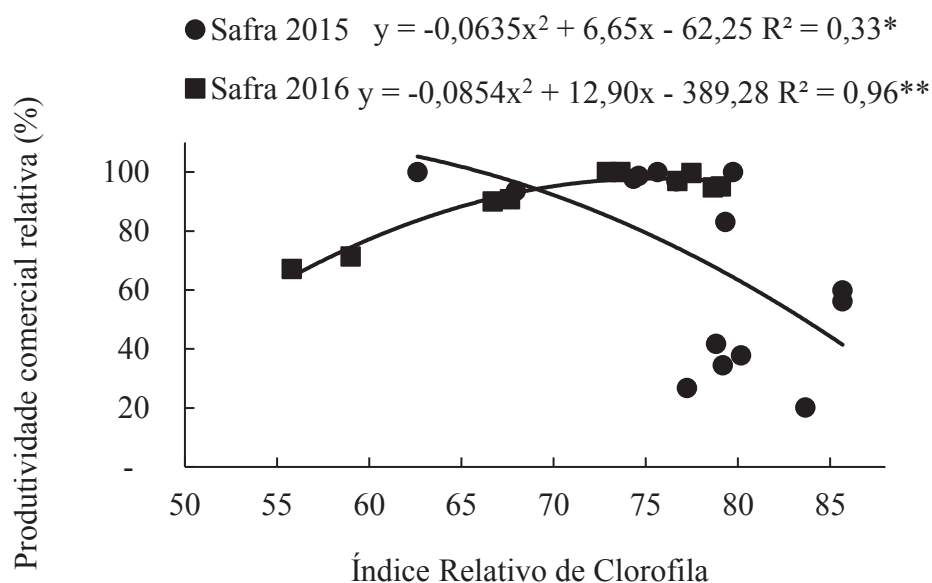
*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 12 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE NITROGÊNIO NA FOLHA E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 13 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA E A PRODUTIVIDADE RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

2.8 ANÁLISE ECONÔMICA

Estudos que avaliaram a viabilidade econômica no uso de fertilizantes e corretivos (Natale et al., 2010; 2011), indicam a dose mais econômica do insumo; tal metodologia se aplica a experimentos de calibração, como o que estamos apresentando, a fim de melhor orientar as decisões de cada safra.

Utilizando-se a equação de regressão das Figuras 1, 2 e 3 e os atuais preços da produção e dos insumos, pode-se calcular a dose mais econômica de ureia para as áreas de produção. Como exemplificado para a equação do experimento 4 (Figura 1), equação 2, em que $y = -0,07x^2 + 37,41x + 10032,0$ $R^2 = 0,99$

$$x' = \frac{37,41 - 0,2000}{2 \times 0,07} = 266 \text{ kg ha}^{-1} \quad (2)$$

Assim, a dose econômica calculada para o experimento foi de 266 kg ha⁻¹ de ureia. A receita prevista, devido à aplicação do fertilizante, pode ser determinada pelo aumento de produção de alho = 4998 kg ha⁻¹, assim subtraindo-se o custo do fertilizante em kg de alho

(49,6), o lucro que a aplicação do fertilizante proporcionou foi de 4949 kg de alho. Empregando-se a mesma sistemática, podem-se calcular as doses mais econômicas para os demais experimentos e/ou produções, conforme apresentado na Tabela 9, sempre considerando as produções que apresentaram o comportamento quadrático convexo.

Tabela 9 - DOSE ECONÔMICA DE UREIA, CALCULADA EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DE ALHO E DOS CUSTOS DO FERTILIZANTE, PARA OS CULTIVOS DE 2015 E 2016.

Experimento/ Produção	Dose Econômica	Aumento de Produção	Custo Adubo	Lucro	Produção Relativa ¹
	kg ha ⁻¹	----- kg de alho por ha -----			
4 / Comercial	265,9	4998,1	49,6	4948,49	100%
5 / Comercial	268,3	3650,2	50,1	3600,14	100%
1 / Industrial	271,7	8094,9	42,3	8052,64	100%
1 / Total	216,9	2743,3	33,7	2709,52	100%
2 / Total	157,2	896,6	24,5	872,19	100%
4 / Total	314,5	5591,6	62,9	5528,74	100%
5 / Total	359,9	5304,6	72,0	5232,60	100%

¹ Porcentagem da produção de bulbos obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima.

É importante destacar, também, que independente do destino da produção, empregando-se as diferentes doses economicamente viáveis, coincidiram com as produções máximas possíveis (Tabela 9). Isso ocorreu devido à alta capacidade produtiva do alho e do seu elevado preço médio praticado no mercado, em relação ao custo do fertilizante. Com base nos valores do alho e dos insumos praticados na região/anos em que os experimentos foram realizados a porcentagem da produção obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima, seria de 100%, para todas as situações.

2.9 CONCLUSÕES

A resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação nitrogenada esteve associada ao índice pluviométrico e as condições climáticas.

A maior produção comercial esteve associada às doses entre 269 e 307 kg ha⁻¹ de N e ao teor de 26 g kg⁻¹ de N, na folha diagnóstica.

O índice relativo de clorofila foi a única tecnologia diagnóstica avaliada que apresentou correlação significativa com a produtividade comercial em todas as condições experimentais.

A dose econômica aplicada à experimentação de calibração da adubação nitrogenada ao alho livre de vírus permite indicar técnica e financeiramente a dose máxima indicada do insumo.

2.10 REFERÊNCIAS

BACKES, C.; LIMA, C.P.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; IMAIZUMI, S. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.67, n.2, p.491-498, 2008.

BARDIVIESSO, D. M. **Manejo da fertirrigação para melancia em função da condutividade elétrica da solução do solo**. 76 f. Tese (Doutorado). Unidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

BIASI, J. **Nutrição e indicação de adubação para a cultura do alho**. Florianópolis, SC: Epagri, 60p. (Epagri. Boletim Técnico, 132). 2006.

BLANCO, F. ET AL. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 26-33, 2008.

BÜLL, L. T; BERTANI, R. M. A; VILLAS BÔAS, R. L; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia** 61: 247-255. 2002.

BÜLL, L. T. et al. Fertilização potássica na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agricola**, p. 157-163, 2001.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: Diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. Comunicado Técnico 45, 5 p., 2002.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 394p. 2004.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 376p. 2016.

DE MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 301, 2010.

ELOI, W. M., DUARTE, S. N., SOARES, T. M., SILVA, E. F. D. F., MIRANDA, J. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 471-477, 2011.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Ver. Amp. Brasília, DF. 353 p. 2013.

EPAGRI. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2015-2016. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2016.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017.

EPAGRI/CIRAM- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2405&Itemid=141>. Acesso em: 12 dez. 2017.

FERNANDES L. J. C; VILLAS BÔAS R. L; BACKES C; LIMA CP; BÜLL LT. Contribuição das concentrações de nitrogênio em bulbilhos de alho tratados com doses de N em cobertura. **Horticultura Brasileira**. v.29, p. 26-31. 2011.

FERNANDES, L. J. C; BÜLL, L. T; CORRÊA, J. C; PAVAN, M. A; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. V.28, p. 97-101, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras, MG. 2010. Ferreira, M. M. M.; Fontes, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa (MG), 2011. 296p.

GAVIOLA, S.; LIPINSKI, V. M. Diagnostico rápido de nitrato en ajo cv. Fuego INTA con riego por goteo. **Ciencia del suelo**, v. 20, n. 1, p. 43-49, 2002.

GIBBS, A.; HARRISON, B. **PLANT VIROLOGY: the principles**. New York: Buffer and Turner, 1979. 292 p.

GOTT, R. M. et al., Diagnostic index for interpretation of foliar analysis of corn/Indices diagnosticos para interpretacao de analise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1110-1116, 2014.

IBGE. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais: IBGE, 2015Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151\[1\].pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2018.

JAMES, D.W.; WELLS, K.L. Soil sample collection and handling: technique based on source and degree of field variability. In: Westerman, R.L. (Ed.). Soil testing and plant analysis. Madison: **Soil Science Society of America**, p.25-44. 1990.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 114p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.MG. 2004.

Kurtz, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Departamento de Ciências do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

LIMA, C. P. **Medidor de clorofila na avaliação de nutrição nitrogenada na cultura do alho vernalizado**. Tese (Mestrado). Botucatu: UNESP-FCA. 95p. 2005.

LUCINI, M. Manual prático de produção: Alho. Curitiba: **Bayer CropScience®**. p. 135, 2004.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A.G.; LANA, M.M.; HENZ, G.P. **Classificação de hortaliças**. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/public/classificacao.doc. Acesso em 19 de jan. 2018.

MACÊDO, F. S. et al. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Agronômica Ceres**, 2006.

MUELLER, S.; VIEIRA, R. L.; BIASI, J. Efeito da limpeza de vírus sobre a produtividade de alho em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, v.18, p.50-52. 2005.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p.1294-1299, 2011.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso de calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.708-713, 2010.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V.P. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. (CD-ROM).

PATEL, B.G.; KHANAPARA, V.D.; MALAVIA D.D.; KANERIA, B.B. Performance of drip and surface methods of irrigation for garlic (*Allium sativum* L.) under varying nitrogen levels. **Indian Journal of Agronomy**, v.41, n.1, p.174-176, 1996.

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Directions for the use of foliar diagnosis. **Fertilite**, v. 2, p. 3-12, 1957.

RESENDE, F. V; OLIVEIRA, P. S. R; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.8, n.1, p.31-36, 2000.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 188 - 191, 2001.

ROZANE D. E., ROMUALDO L. M, CENTURION JF, BARBOSA J. C. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. **Semina: Ciências Agrárias**. v.32, pag.109-116. 2011.

ROZANE, D.E; PARENT, L.E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v.44, n.1, p.102–112, 2015.

SEDOGUCHI, E.T. **Produtividade em alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas, sob doses de fósforo, nitrogênio e potássio**. 77p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SEXTON, P.; CARROLL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugar beet. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p. 1975-1986, 2006.

SILVA COELHO, FABRÍCIO et al. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.

SILVA, J. B. G.et al. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 250, 2012.

SOUZA, R. J DE; CASALI, V. W. DIAS. **Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho**. Informe Agropecuário, v. 12, n. 142, p. 36-40, 1986

SOUZA, T. R. et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 846-854, 2012.

SOUZA, T. R. et al. Nutrientes na seiva de plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 482-492, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre, **Artmed**, 2009. 848p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, Boletim Técnico 5, 174p1995.

ULRICH, A., HILLS, F. J.; HARDY, G. W. Soil testing and plant analysis. **Soil testing and plant analysis**, v. 2. 1967.

VIEIRA, R. L. **Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livres de vírus**. Florianópolis: Tese de Doutorado. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012, 193 p.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H. **Monitoramento nutricional**. In: WADT, P.G.S. (Org.). Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, p.283-304. 2005.

3 CAPÍTULO II: MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE POTÁSSIO NA CULTURA DO ALHO LIVRE DE VÍRUS

3.1 RESUMO

Para o sul do Brasil, as atuais recomendações de potássio para o alho ainda são baseadas na cultura sem a limpeza de vírus, a qual fisiologicamente é diferente da atual cultura livre de vírus, que apresenta potencial produtivo superior. Tem-se a disposição um grande número de métodos e ferramentas de diagnóstico, porém, na cultura do alho livre de vírus, os trabalhos para avaliação e validação destes são escassos. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o uso de tecnologias de diagnóstico nutricional de potássio de plantas de alho livre de vírus submetidas a doses de K por meio da utilização de medidores de íons específicos de K^+ na solução do solo e solução do suco foliar, medidor portátil de clorofila, teores de potássio na folha e sua relação com a produtividade e qualidade dos bulbos. Os experimentos foram conduzidos nas safras 2015 e 2016 em cinco lavouras comerciais do meio-oeste catarinense. Utilizaram-se bulbos semente livre de vírus provenientes de cultura de meristemas. Os tratamentos dos experimentos foram constituídos pela aplicação de doses crescentes de K_2O : 0, 50, 100, 250 e 500 kg ha⁻¹ na safra 2015 e 0, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ na safra 2016. Em todos os experimentos a fonte de K_2O utilizada foi o cloreto de potássio (60% K_2O), aplicada, em dose única, antes do plantio do alho e incorporado na camada de 00-0,20 m de profundidade com auxílio de enxada rotativa. Diante das condições experimentais a resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação potássica foi baixa, havendo significância na produção comercial em um de cinco experimentos, com a maior produção comercial associada às doses de 309 kg de K_2O ha⁻¹. Pela baixa resposta da produção comercial de alho à adubação potássica, as tecnologias utilizadas na avaliação nutricional de potássio não apresentaram eficiência.

Palavras-chave: *Allium sativum*. Diagnose. Adubo. nutrição de plantas.

3.2 ABSTRACT

For southern Brazil, the current potassium recommendations for garlic are still based on culture without virus cleansing, which is physiologically different from the current virus-free culture, which has superior productive potential. A large number of diagnostic methods and tools are available, however, in the garlic-free culture of virus, the works for evaluation and validation of these are scarce. The objective of this work was to evaluate the use of nutritional diagnostic technologies for potassium from garlic free of virus submitted to K doses by means of the use of K + specific ion meters in soil solution and leaf juice solution portable chlorophyll, potassium contents in the leaf and its relation with the productivity and quality of the bulbs. The experiments were conducted in the 2015 and 2016 crops in five commercial farms in the Midwest of Santa Catarina. Virus-free seed bulbs from meristem culture were used. The treatments of the experiments were constituted by the application of increasing doses of K₂O: 0, 50, 100, 250 and 500 kg ha⁻¹ in the 2015 harvest and 0, 100, 200, 400 and 800 kg ha⁻¹ in the 2016 harvest. In the experiments the source of K₂O used was potassium chloride (60% K₂O), applied in a single dose, before planting the garlic and incorporated into the layer of 00-0.20 m depth with the aid of a rotary spade. Due to the experimental conditions, the response of the virus-free garlic culture to the potassium fertilization was low, with commercial production being significant in one of five experiments, with the highest commercial production associated with the 309 kg K₂O ha⁻¹ doses. Due to the low response of the commercial production of garlic to the potassium fertilization, the technologies used in the nutritional evaluation of potassium were not efficient.

Key-Words: *Allium sativum*. Diagnosis. Fertilizer. plant nutrition.

3.3 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina Figura entre os principais produtores de alho nobre, respondendo por cerca de 23,7 % da produção nacional, tendo na região do Meio-Oeste a maior concentração de propriedade que desenvolvem a atividade, principalmente os municípios de Curitiba, Frei Rogério e Fraiburgo (IBGE, 2018).

O emprego intensivo de mão de obra, tecnologia e capital, tem viabilizado a pequena e média propriedade nas regiões produtoras, sendo, portanto, de grande importância socioeconômica para o estado. Para que os produtores obtenham melhor rentabilidade com a cultura, permanecendo na atividade e contribuindo para diminuir a dependência do Brasil da importação, é necessário que todos os fatores influentes na produção estejam otimizados. Entre estes fatores, o fornecimento da quantidade adequada de nutrientes e o acompanhamento do estado nutricional das plantas são etapas cruciais para o sucesso na atividade.

Historicamente, a cultura vem sofrendo com uma pressão viral, transmitida por insetos hospedeiros como: ácaros, trips e pulgões. Os principais complexos viróticos que são transmitidos por esses vetores são: *onion yellow dwarf virus* (OYDV-G), *leek yellow stripe virus* (LYSV) e *garlic common latent virus* (GCLV). Essas viroses são responsáveis por uma queda de cerca de 10 a 15% de produtividade (Daniels, 1999). Uma das técnicas mais utilizadas para limpeza de vírus em sementes de alho é a cultura de meristemas associada ao tratamento térmico. A utilização de sementes livres de vírus surgiu recentemente na cadeia produtiva de alho no Brasil, como uma das mais importantes alternativas para melhorar a produtividade das lavouras.

A produção do alho livre de vírus proporciona ao produtor um incremento de produtividade de aproximadamente de 30 a 50% e, se bem manejado, o material de propagação se mantém por até quatro safras (Mueller et al., 2005). A limpeza do complexo viral começa por um processo de desinfecção, onde os bulbilhos ainda contaminados passam por um processo de termoterapia, em uma estufa a 38 °C por trinta dias, a fim de paralisar a multiplicação viral. Após esse período, células meristemáticas não diferenciadas são isoladas dos bulbilhos, uma vez que essas células não possuem vasos de translocação e ainda não entraram em contato com o vírus. Depois de isoladas, essas células são cultivadas *in vitro* por cerca de 90 dias, e induzidas com diferentes hormônios de crescimento, para a formação de parte aérea (30 primeiros dias) e posteriormente os bulbilhos. Após esse processo, os bulbilhos são multiplicados por uma safra

em cultivo protegido e na safra seguinte começa a multiplicação em larga escala a campo (EPAGRI, 2015).

As cultivares de alho ‘Caçador’, ‘Contestado’, ‘Chonan’, ‘Ito’ e ‘Quitéria’ multiplicadas e livres de vírus, apresentam um maior potencial de assimilação dos nutrientes, quando comparadas com as mesmas cultivares de multiplicação tradicional, por si só, as plantas livres de vírus, não possuem um gasto energético visando fornecer elementos base para a multiplicação das viroses em suas células, (Mueller et al., 2005). Resende et al. (2000) verificaram que o aumento de produtividade está ligado diretamente à variedade livre de vírus, sendo assim, essas variedades respondiam a doses mais elevadas de N, quando comparada com as variedades não limpas, chegando a ser até duas vezes superiores ao recomendado para as cultivares convencionais.

Conforme observado em estudos científicos, o alho livre de vírus apresenta aumentos significativos de vigor vegetativo, produtividade e qualidade dos bulbos, as plantas extraem maiores quantidades de nutrientes em relação à multiplicação convencional e respondem à doses mais elevadas de N, sendo quase duas vezes superior ao recomendado para o alho propagado pela via convencional. (Resende et al., 2001; Fernandes et al., 2010).

Em trabalhos realizados em Santa Catarina, verificou-se aumento na produtividade para as cultivares livre de vírus (Contestado, Caçador, Jonas e Quitéria) em relação às cultivares multiplicadas de forma convencional de 32,7 %, 31,3 %, 11,6 %, e 29,7 %, respectivamente (Mueller et al., 2005).

Dessa forma, as respostas obtidas nos experimentos realizados com alho infectado tendem a ser diferentes daquelas onde se utiliza alho livre de vírus. A exigência nutricional do alho multiplicado por cultura de tecidos ainda é pouco conhecida e as informações atuais sobre a nutrição mineral do alho livre de vírus em Santa Catarina são escassas, sendo que grande parte das pesquisas existentes com a cultura são relativas a épocas em que os níveis de tecnologia e produtividade eram bastante reduzidos e a cultura não era livre de vírus (EPAGRI, 2002).

Com a introdução de cultivares nobres de alho livre de vírus, há a necessidade de se determinar o comportamento desses materiais quanto à aplicação de nutrientes nas diferentes condições de clima e solo de SC. Ao mesmo tempo, inúmeras ferramentas e metodologias para diagnóstico do estado nutricional das plantas estão atualmente disponíveis, porém, poucas avaliadas e validadas para as condições de produção de alho livre de vírus, na maior região produtora, no sul do Brasil.

O potássio é um nutriente de extrema importância para as plantas por suas funções diversas funções, devido a participação em processos osmóticos, síntese de proteínas, abertura

e fechamento de estômatos, permeabilidade da membrana, controle do pH e ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos (Malavolta et al., 1997). O potássio apresenta importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados, e na manutenção da água nos tecidos vegetais, ativando mais de 60 enzimas (Meuger, 2006). Nas culturas em geral, o fornecimento adequado de K promove aumento de produtividade, maior resistência das plantas ao ataque de pragas e moléstias, maior resistência a injúrias ocasionadas por condições ambientais adversas (geada, stress hídrico, temperaturas altas, ventos fortes) e maior vida de prateleira dos seus produtos (Malavolta, 2002).

O potássio é um nutriente muito importante para o aumento da produtividade do alho. A sua aplicação correta é crítica para gerar resposta no rendimento e na qualidade dos bulbos (Castellanos et al. 2002). Na prática, é comum o emprego de altas doses de potássio em plantações de alho com alto vigor (Nakagawa et al., 1990). O excesso de potássio pode proporcionar desequilíbrio nutricional devido a sua competição com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, ocasionando a deficiência destes nutrientes (Vitti et al., 2006), além disso, os adubos potássicos disponíveis no mercado são os principais responsáveis para a elevação do potencial salino do solo.

A maioria dos trabalhos de pesquisa conduzidos no Brasil indicam não haver aumento no rendimento quando os teores de K no solo são altos. Mesmo com aplicação de altas doses (até 615 kg ha^{-1} de K_2O) não se verificou o efeito da aplicação de potássio para peso médio e produtividade total de bulbos em vários trabalhos de pesquisa (Bôas et al., 2008; Büll et al., 2002; Castellanos et al., 2002), o que, segundo os autores, pode ser atribuído à hipótese de que o nível de K no solo tenha sido suficiente para um desenvolvimento normal das plantas e produtividade de bulbos em níveis satisfatórios. Por outro lado, quando os teores de K no solo foram baixos, houve aumento na produtividade de bulbos (Büll et al., 2002).

A deficiência de K, reduz o metabolismo da planta, a síntese de proteínas, a fotossíntese e a osmorregulação resultando em acúmulo de carboidratos solúveis nas partes vegetativas da planta e decréscimo da produção (Römheld; Kirkby, (2010), Bar-Tal, (2011). O alho obtido in vitro, por cultura de meristema responde melhor a níveis de N que o mesmo material multiplicado de forma convencional (Resende et al., 2000). Entretanto para o K, os materiais provenientes de cultura de tecidos não apresentaram respostas consistentes (Silva et al., 2000).

Nos estados de RS e SC as atuais recomendações de K são baseadas na interpretação do teor de K no solo e da expectativa de rendimentos de bulbos curados, variando de doses menores que 100 kg ha^{-1} de K_2O para rendimentos de bulbos de 6 a 8 t ha^{-1} , a 600 kg ha^{-1} de K_2O para rendimentos de bulbos de 12 a 15 t ha^{-1} (CQFS-RS/SC, 2004).

A escassez de informações consistentes sobre adubação potássica da cultura do alho livre de vírus constitui-se em grande entrave para a exploração dessa cultura de forma mais eficaz, assim, torna-se imprescindível indicar métodos eficientes de diagnóstico para avaliar o estado nutricional das cultivares utilizadas, por serem mais produtivas e respondendo com maiores produtividades as quantidades de nutrientes indicadas para as cultivares infectadas.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar os teores de potássio de plantas de alho livre de vírus submetidas a doses de K por meio da utilização de medidores de íons específicos de K^+ na solução do solo e solução do suco foliar, medidor portátil de clorofila, teores de potássio na folha, pH e condutividade elétrica da solução do solo, correlacionando-os com a qualidade de bulbos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em lavouras comerciais de alho livre de vírus, localizadas na região meio-oeste catarinense nas safras agrícolas de 2015 e 2016. Na safra 2015 foram conduzidos dois experimentos em Fraiburgo (Experimentos 1 e 2) e um experimento em Frei Rogério (Experimento 3); e na safra 2016 os dois experimentos (Experimentos 4 e 5) foram conduzidos em Fraiburgo. De acordo com a escala de Köppen (1936), o clima da região é classificado como Cfb (PANDOLFO et al., 2002). Os solos onde os experimentos foram conduzidos são classificados em Nitossolo Bruno Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). Os atributos físicos e químicos dos solos dos cinco experimentos estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS NOS LOCAIS ANTERIORES À INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS COM DOSES DE POTÁSSIO NAS SAFRAS 2015 E 2016.

Safra	Exp.	Argila	MO	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	CTC pH 7,0
		g kg ⁻¹	%		--- mg dm ⁻³ ---			---- cmol _c dm ⁻³ ----	
2015	1	55	3,9	6,2	10,5	248,0	9,3	1,7	13,2
2015	2	62	4,3	5,7	7,4	116,6	6,9	2,0	13,6
2015	3	63	3,9	5,8	9,9	138,2	6,1	2,6	13,9
2016	4	56	3,3	5,8	18,2	216,0	13	2,2	18,5
2016	5	55	4,9	6,1	3,1	138,2	9,2	3,6	15,3

Os tratamentos dos experimentos foram constituídos pela aplicação de doses crescentes de K₂O: 0, 50, 100, 250 e 500 kg ha⁻¹ na safra 2015 e 0, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ na safra 2016. A fonte de K₂O foi cloreto de potássio (60% K₂O), aplicada sobre a superfície do solo antes do plantio do alho e incorporado numa camada de 0-20 cm de profundidade com uso de enxada rotativa. As doses e o manejo da adubação nitrogenada e fosfatada foram de acordo com CQFS-RS/SC (2004).

As parcelas foram dispostas nos canteiros e constituídas por três linhas duplas de plantio de 5 m de comprimento, utilizando-se o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 12 cm, entre fileiras duplas de 38 cm, entre plantas 10 cm e entre as linhas externas de canteiros adjacentes de 45 cm. A densidade de plantio foi de 45 bulbilhos-semente/m², sendo a área útil composta pelas seis fileiras, desconsiderando-se 1,0 metro das extremidades de cada fileira. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições.

No cultivo do alho utilizou-se bulbilhos-semente livres de vírus, provenientes de cultura de meristemas, da cultivar Chonan no experimento 3 e cultivar Ito nos experimentos 1, 2, 4 e cinco. O plantio, controle de pragas, doenças, plantas invasoras e tratos culturais foram realizados de acordo com EPAGRI (2002). Nos experimentos foi utilizada irrigação por aspersão.

Como tecnologias para diagnóstico do estado nutricional de potássio das plantas de alho utilizou-se os teores de K^+ da solução do solo e do suco celular, a condutividade elétrica e os teores totais de K na folha diagnóstica. A coleta da solução do solo foi realizada na fase de diferenciação das plantas (cerca de 125 DAP). Para obtenção das amostras, foi instalado um extrator de cápsula porosa no centro da área útil de cada parcela, na profundidade de 20 cm, medido a partir da metade da altura da cápsula porosa. Com o auxílio de uma bomba manual de vácuo, aplicou-se uma pressão de sucção de aproximadamente 600 mmHg no interior do tubo. Após 24h, as soluções extraídas por meio dos extratores foram recolhidas, armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. A partir da solução obtida pelos extratores de cápsula porosa, foram determinados os teores de K^+ por meio de medidores de íons seletivos, modelo LaquaTwin B-731 (Horiba Ltd., Kyoto, Japan), o pH da solução por meio de potenciômetro, e a condutividade elétrica por meio de condutivímetro.

Amostras da solução do suco da folha foram obtidas na mesma ocasião da coleta da solução do solo. Para isso, foram coletadas dez folhas diagnósticas (4ª folha mais jovem totalmente expandida) das plantas, aleatoriamente dentro da área útil da parcela. Para obtenção da solução do suco celular, fragmentos de 1,5 cm da parte basal de cada uma das folhas foram prensados com o uso de um equipamento manual (espremedor de alho), até a coleta de uma alíquota superior a 0,1 mL, a qual foi disposta em tubo tipo 'Eppendorf' e armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. Os teores de K^+ foram quantificados por meio de medidor de íons seletivos, já descrito.

As dez folhas utilizadas para extração da solução do suco foliar foram lavadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C até massa constante, moídas e submetidas à análise química de K, no laboratório de Ensaio Químico da Estação Experimental de Caçador (EPAGRI) de acordo com metodologia de Tedesco et al. (1995).

A colheita dos bulbos realizou-se em um metro linear de canteiro dentro da área útil da parcela. Após a colheita, as plantas foram submetidas à cura por cerca de 40 dias, sendo então determinada a produtividade total em $kg\ ha^{-1}$ e a porcentagem de bulbos superbrotados e abertos (sem as túnicas que recobrem os bulbilhos), considerado alho indústria. Os bulbos

adequados à comercialização foram distribuídos em classes de tamanho segundo a portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992, do MAPA (Luengo, 2018).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com aplicação do Teste F e quando significativo, com pelo menos 5% de probabilidade de erro, procedeu-se o estudo de regressão polinomial. Para escolha do melhor modelo de regressão, optou-se pelo modelo significativo de mais alto grau. Para a análise dos dados, utilizou-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2010).

A dose mais econômica de cloreto de potássio foi calculada considerando as indicações de Natale et al. (2010; 2011). Para o cálculo da dose mais econômica de cloreto de potássio para a cultura do alho, consideramos o preço do kg do alho de R\$ 9,00 e o custo do quilo do cloreto de potássio de R\$ 1,20 para o ano de 2015 que compreendeu os experimentos 1, 2 e 3. Para o ano de 2016 (experimentos 4 e 5) os valores considerados para o preço do kg do alho foi de R\$ 7,50 e o custo do quilo do cloreto de potássio de R\$ 1,30. Em ambos os anos/experimentos o custo do cloreto de potássio foi acrescido aos custos por hectare da única aplicação do fertilizante perfazendo o acréscimo de R\$ 0,10 por quilo aplicado.

Com o objetivo de atenuar os problemas de variação cambial e de oscilação nos preços do mercado, trabalhou-se com uma relação de troca em vez da moeda corrente, buscando-se assim dados mais estáveis. Dessa maneira, a “moeda” utilizada nos cálculos, durante todo o estudo, foi o próprio alho, considerando-se a seguinte relação de equivalência: quilo de cloreto de potássio aplicado/ kg de alho igual R\$ 1,30 / R\$ 9,00 = 0,1444 para 2015 e de R\$ 1,40 / R\$ 7,50 = 0,1867 para 2016.

A dose mais econômica, considerando as indicações de Natale et al. (2010; 2011) foram calculadas pela equação 1 com base na derivada da equação de regressão entre a produção do alho e as doses de ureia aplicada, tornando-a igual à relação de troca, ou seja:

$$\frac{dx}{dy} = a_1 + 2 \times a_2 x = \text{relação de troca} \quad (1)$$

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos nos experimentos 1 e 2 para a produção comercial, nos experimentos 2 e 4 para produção a industrial e somente no experimento 3 para produção total (Tabela 2).

TABELA 2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PRODUÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E TOTAL DO ALHO LIVRE DE VÍRUS EM CINCO EXPERIMENTOS CONDUZIDOS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.

Experimentos	Produção		
	Comercial	Industrial	Total
1			
F	6,62**	0,34 ^{ns}	0,51 ^{ns}
CV, %	19,8	16,6	9,1
2			
F	41,0**	2,67**	2,7 ^{ns}
CV, %	10,5	13,4	15,7
3			
F	0,40 ^{ns}	3,9 ^{ns}	5,06*
CV, %	9,7	30,9	21,1
4			
F	0,38 ^{ns}	15,9**	0,46 ^{ns}
CV, %	5,6	16,2	5,2
5			
F	0,384 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,046 ^{ns}
CV, %	5,6	11,8	5,2

*, **, ns: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

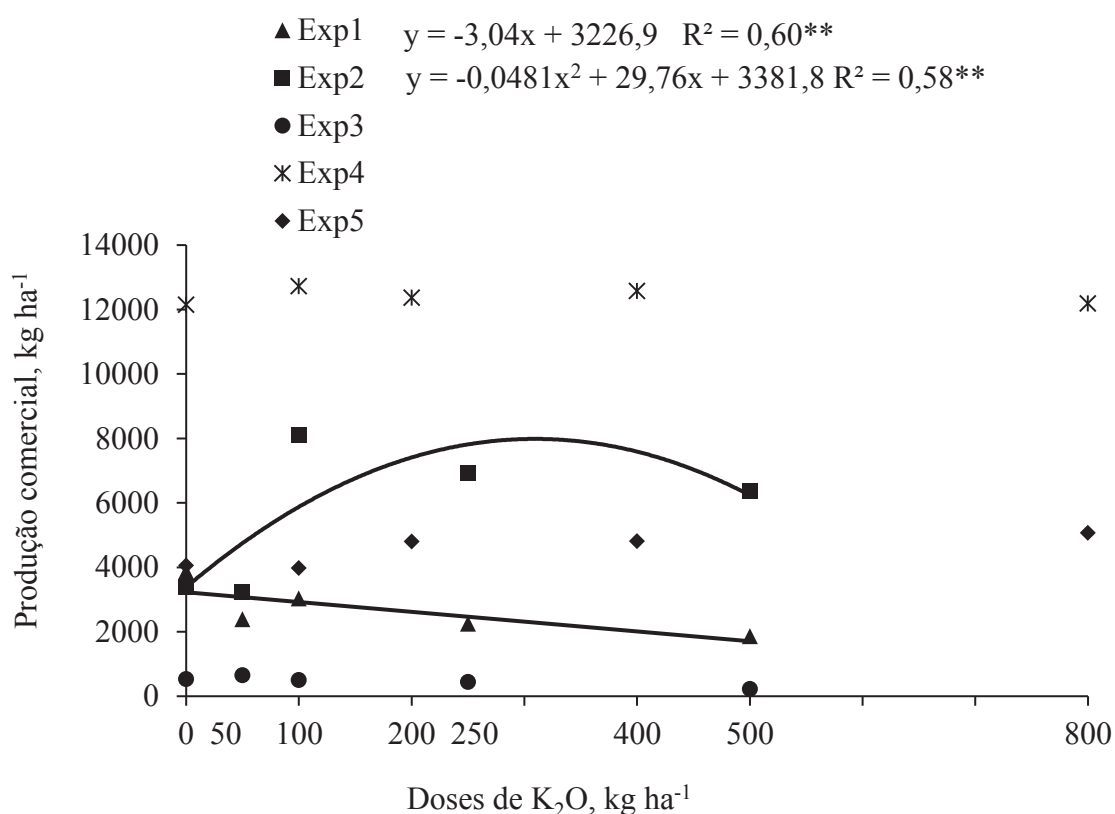
Comparativamente à média do estado de Santa Catarina, para a produção total de 7,5 t ha⁻¹ e 10,4 t ha⁻¹ para as safras de 2015 e 2016, respectivamente (Conab, 2018), a produtividade de alho comercial foi baixa nos experimentos 1, 3 e 4, média no experimento 2 e alta somente no experimento 5 (Figura 1).

A resposta negativa na produção comercial, e a consequente maior produção de alho indústria, verificada nos experimentos conduzidos na safra 2015 (experimentos 1, 2 e 3) podem ser explicadas pela condição climática extremamente desfavorável ocorrida no cultivo destes experimentos. Na respectiva safra observou-se temperaturas negativas tardias, ocorridas nos dias 13 e 14 de setembro (-2,5°C, em ambos os dias), coincidindo com a fase de diferenciação do alho, e altíssimas precipitações pluviométricas da metade ao término do ciclo de produção do alho (meses de outubro a dezembro). Houve nos meses de outubro, novembro e dezembro,

acumulado de 397; 291 e 218 mm de precipitação, sendo o número de dias dos meses com chuva de 20, 23 e 21, respectivamente (EPAGRI/CIRAM, 2015).

Aliado a estas adversidades, a literatura relata as dificuldades em se obter resposta da cultura do alho à adubação potássica, mesmo quando da aplicação de altas doses, (até 615 kg ha⁻¹ de K₂O) conforme constatado por Bôas et. al. (2008); Büll et. al. (2008) e Castellanos et. al. (2002), que não verificaram o efeito da aplicação de potássio para peso médio e produtividade total de bulbos em vários trabalhos de pesquisa. Por outro lado, Büll et al. (2002), constatarem aumento na produtividade de bulbos com incremento de doses de potássio.

FIGURA 1 - PRODUÇÃO COMERCIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K₂O EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

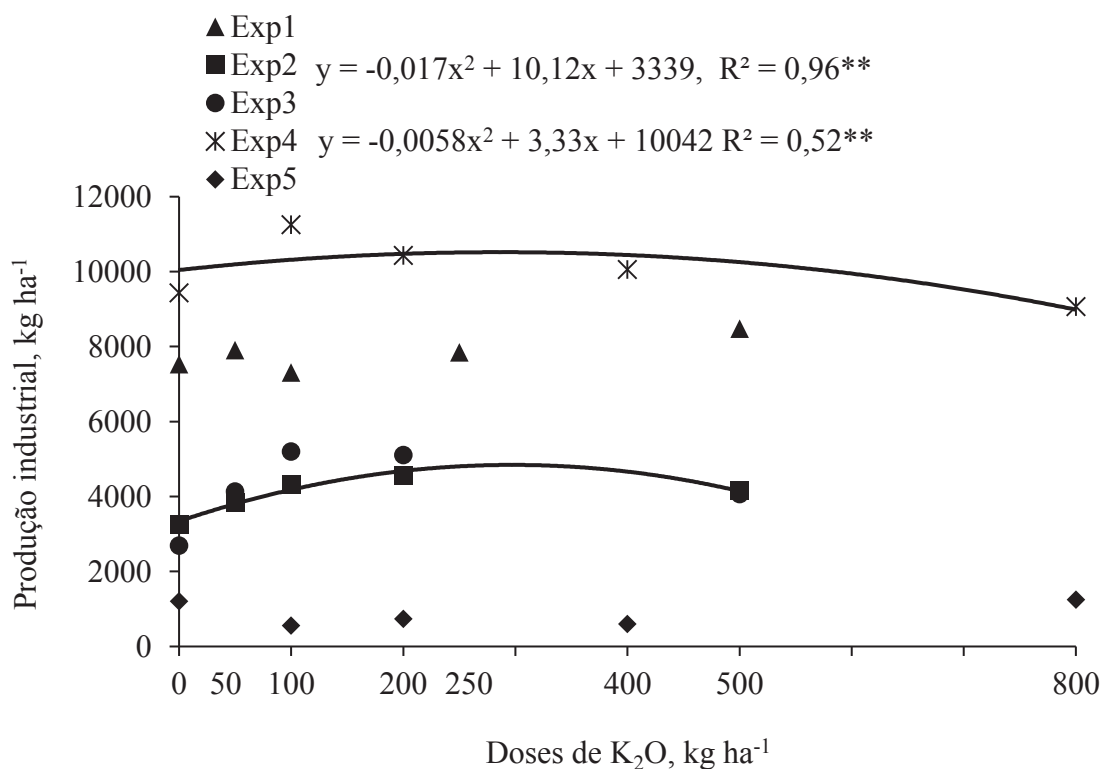
No experimento 1 constatou-se diminuição linear na produtividade comercial com o aumento das doses de K₂O, e no experimento 2 a máxima produtividade comercial esteve associada à dose de 309 kg de K₂O ha⁻¹ (Figura 1). Verificou-se este resultado positivo no aumento da produtividade comercial deste experimento mesmo com os teores de K disponíveis no solo, antes da implantação dos experimentos, estarem acima dos teores críticos estabelecidos

pela CQFSC-RS/SC (2004) (Tabela 1). Segundo Castellanos et al. (2002), a quantidade de K a ser aplicada depende do nível desse nutriente no solo; os mesmos autores constataram que não houve diferença estatística para peso médio e produtividade total de bulbos, em resposta à doses de potássio, o que pode ser atribuídos à hipótese de que o nível de K no solo tenha sido suficiente para um desenvolvimento normal das plantas e produtividade de bulbos em níveis satisfatórios. Os mesmos autores, indicam que para cada tonelada de alho produzido cerca de 9,1 a 10,1 kg de K_2O é absorvido pela cultura. Conforme constatado por Resende et al. (2001) o alho obtido *in vitro*, por cultura de meristema responde melhor a níveis de N que o mesmo material multiplicado de forma convencional. Entretanto, Silva et al. (2000) indicam que o aumento da concentração de K no solo para materiais provenientes de cultura de tecidos não apresentaram respostas consistentes.

Há indicações na literatura (Büll et al., 2002; Castellanos et al., 2002; Bôas et al., 2008) que aplicação de altas doses de potássio (até 615 kg ha⁻¹ de K_2O) não resulta aumentos no peso médio e/ou produtividade total de bulbos. Segundo Castellanos et al. (2002), a quantidade de K a ser aplicada deve estar entre 60 a 150 kg ha⁻¹ de K_2O , dependendo do nível de K no solo, do rendimento que se quer alcançar e das características do solo. Em estudo realizado por Sedoguchi (2008), os resultados obtidos com diferentes doses de K mostrou diferença na produção total de bulbos em função das doses de K via fertirrigação, apresentando maior massa de bulbos, 10.600 kg ha⁻¹ com dose de 320 kg ha⁻¹ de K_2O , a qual corrobora com a observada no experimento 2 (Figura 1). Em trabalhos realizados por Santos et al. (2013) e Monção et al. (2012) com a cultura da melancia, os autores justificaram a redução da produtividade, associado ao aumento das doses de potássio, devido ao alto índice salino do fertilizante, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento da planta.

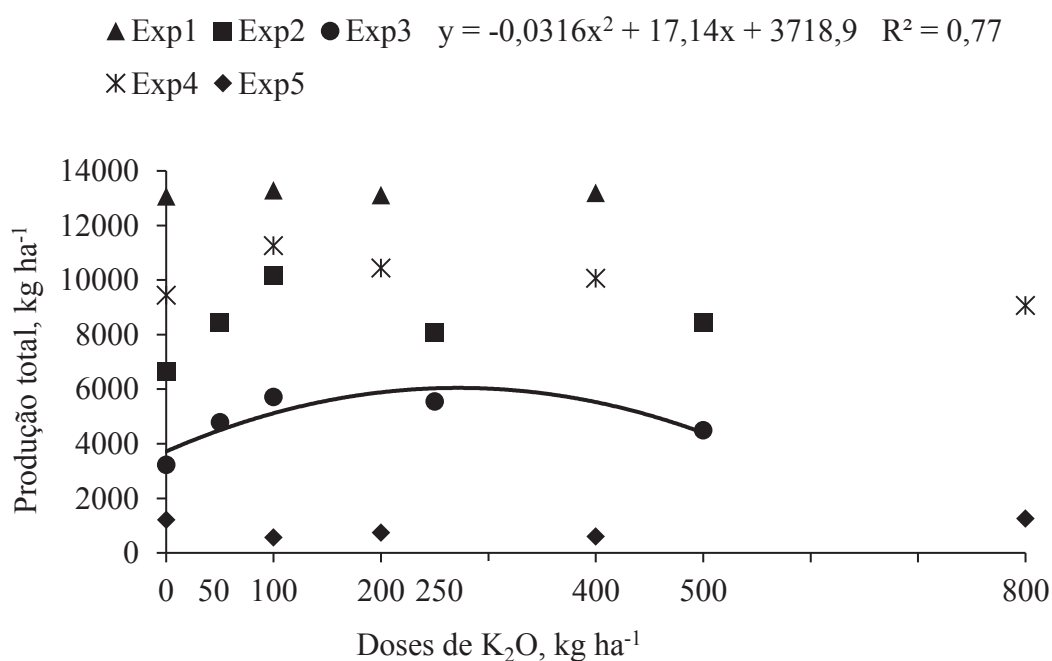
Na presente pesquisa a produção de alho industrial foi influenciada pela aplicação de K_2O nos experimentos 2 e 4, com aumentos quadráticos na produção, obtendo a máxima produção associada às doses de 298 e 287 kg ha⁻¹ de K_2O , respectivamente (Figura 2). Já a produção de alho total somente foi influenciada pela aplicação de K_2O no experimento 3, que teve a máxima produtividade associada à aplicação de 271 kg ha⁻¹ de K_2O (Figura 4).

FIGURA 2 - PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K_2O EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 3 - PRODUÇÃO TOTAL DE ALHO LIVRE DE VÍRUS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE K_2O EM CINCO EXPERIMENTOS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

As doses de potássio influenciaram praticamente o mesmo número de tecnologias de diagnóstico nutricional associados à solução do solo nas safras 2015 e 2016. O efeito dos tratamentos foi observado no teor de potássio disponível no solo dos experimentos 1, 3 e 5, para o teor de potássio na solução do solo observou-se significância para o experimentos 3, 4 e 5, a condutividade elétrica da solução solo mostrou-se significativa para os experimentos 2, 3 e 4, já o potássio na solução do suco foliar, a significância foi observada nos experimentos 3, 4 e 5, e finalmente para o teor de potássio foliar somente no experimento 5 (Tabela 3). Não havendo, portanto, nenhuma avaliação com sensibilidade à variação dos tratamentos para todos os experimentos nos dois anos agrícolas avaliados.

TABELA 3- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DAS DOSES DE POTÁSSIO (TRATAMENTOS) NOS TEORES DE POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (KS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS) E DAS TECNOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO SOLO (CESS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) DO ALHO LIVRE DE VÍRUS EM CINCO EXPERIMENTOS CONDUZIDOS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.

Experimentos	Tecnologias de diagnóstico nutricional				
	KS	K ⁺ SS	CESS	K ⁺ SSF	K ⁺ F
1					
F	64,6 ^{**}	1,72 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,37 ^{ns}
CV, %	5,17	20,26	10,37	6,65	10,74
2					
F	38,4 ^{ns}	38,15 ^{ns}	16,38 ^{**}	25,9 ^{ns}	1,74 ^{ns}
CV, %	10,12	37,7	41,58	9,59	13,73
3					
F	7,75 ^{**}	71,46 ^{**}	4,25 [*]	6,00 [*]	3,13 ^{ns}
CV, %	26,63	14,88	20,75	7,12	3,53
4					
F	3,19 ^{ns}	378,31 ^{**}	52,54 ^{**}	3,69 ^{**}	2,76 ^{ns}
CV, %	16,78	6,9	13,94	8,10	7,58
5					
F	52,1 ^{**}	93,1 ^{**}	1,27 ^{ns}	5,16 ^{**}	4,40 [*]
CV, %	9,62	10,55	18,59	7,72	10,46

*, **, ns: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F (p<0,05).

Os teores de K disponível no solo nos experimentos 1, 3 e 5, aumentaram linearmente à medida que aumentaram as doses de K₂O aplicadas (Figura 4). Este resultado é observado em inúmeros experimentos com aplicações de K, independente da cultura pesquisada. Bull et al. (2001) observaram elevação no nível de potássio no solo por ocasião da aplicação de potássio no plantio, o que proporcionou aumentos significativos na produção de bulbos de alho cultivar Roxo Pérola de Caçador. Delarazari (2014) estudando a aplicação de diferentes doses de

potássio na cultura do tomateiro, observou que os teores de potássio na folha aumentaram com o incremento das doses de potássio. Para Flores et al. (2012), o aumento do teor de potássio nas folhas ajustou-se de forma crescente e linear ao teor de potássio na camada de 0,0-20,0 cm de profundidade do solo.

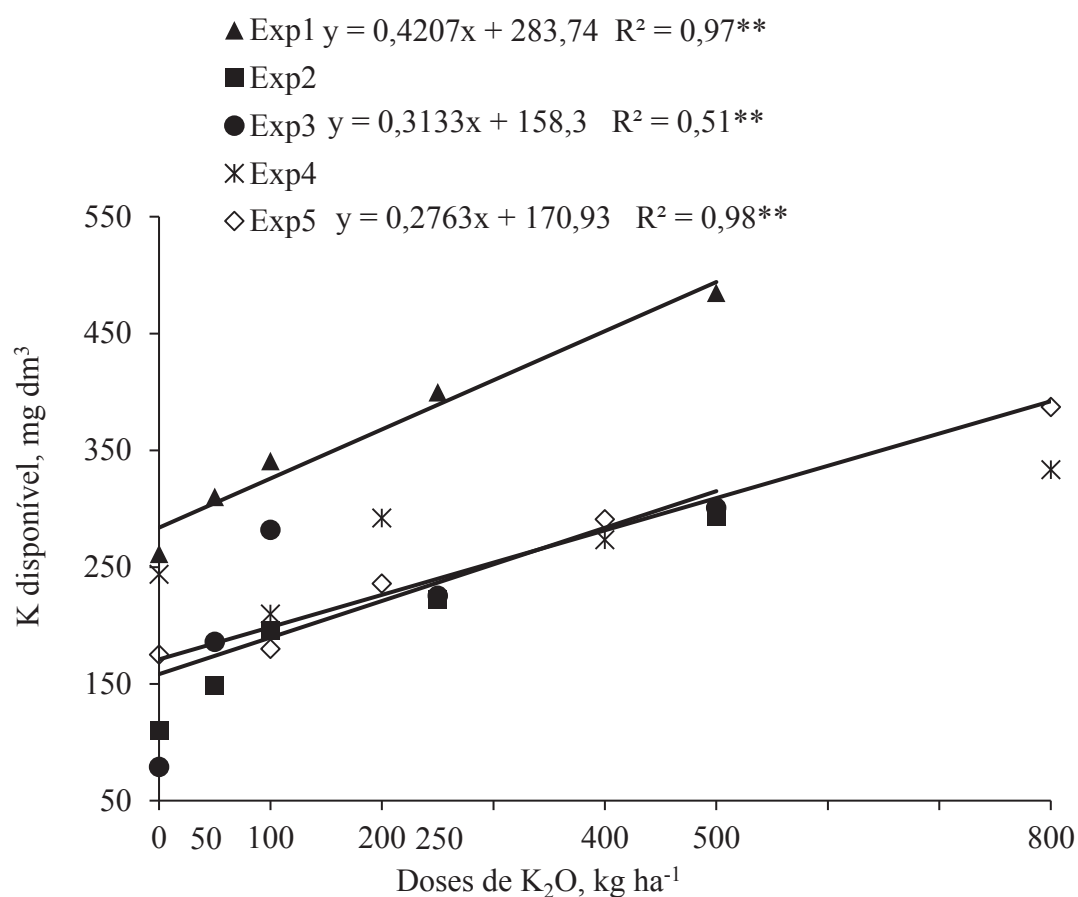
Os teores de potássio da solução do solo aumentaram com as doses de K_2O aplicadas, com aumento quadrático nos teores dos experimentos 3, 4 e 5 (Figura 5). Provavelmente o uso de altas doses de K_2O nos experimentos 4 e 5 (até 800 kg ha^{-1}) explica este resultado positivo na safra 2016. Já a condutividade elétrica da solução do solo apresentou ajuste quadrático nos experimentos 3 e 4 como efeito da adubação potássica (Figura 6). Apesar do aumento do teor de K^+ na solução do solo do experimento 5, não se verificou aumento da condutividade elétrica da solução neste experimento. Estes resultados demonstram haver uma grande variação na resposta entre aplicações de K no solo e parâmetros associados a este nutriente no solo. Nas condições de campo em que se conduziu os cinco experimentos do presente estudo, a obtenção de três experimentos com resultados positivos para uso dos teores de K^+ na solução do solo e apenas dois experimentos com resultados positivos para uso da condutividade elétrica, revela que estas duas tecnologias apresentam um uso limitado como diagnóstico.

Apesar disso, o manejo da adubação por meio da medida da CE da solução do solo tem sido estudada em cultivo de hortaliças, sendo obtidos resultados promissores para as culturas do tomate (Eloi et al., 2011), pepino (Medeiros et al., 2010) e berinjela (Silva et al., 2013). Em condições de cultivo sem solo, verifica-se uma relação mais significativa entre o K aplicado e parâmetros associados a este elemento no solo. Gondim et al. (2010) estudaram a condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico e observaram que a massa seca de raízes foi significativamente afetada pela CE da solução nutritiva com efeito quadrático, correndo decréscimos relativos com o aumento da condutividade de $0,5 \text{ mS cm}^{-1}$. A relação entre o potássio aplicado e as variáveis associadas à solução do solo foi verificada por Bassoi (2017), em estudo conduzido com fertirrigação de videiras. Os autores constataram que o aumento dos níveis de nutrientes na água de irrigação aumentou a disponibilidade potássio na solução do solo. Silva Júnior et al. (2010) obtiveram os melhores resultados com a concentração de 84 mg L^{-1} de K na solução do solo em cultivo de melão.

Em estudo realizado por Bardivieso (2015), sobre manejo da fertirrigação para melancia em função da condutividade elétrica da solução do solo em Cassilândia, MS, constatou-se ajuste linear para as concentrações médias de potássio na solução do solo, sendo observadas concentração máxima 456 mg L^{-1} , onde os valores constatados foram muito

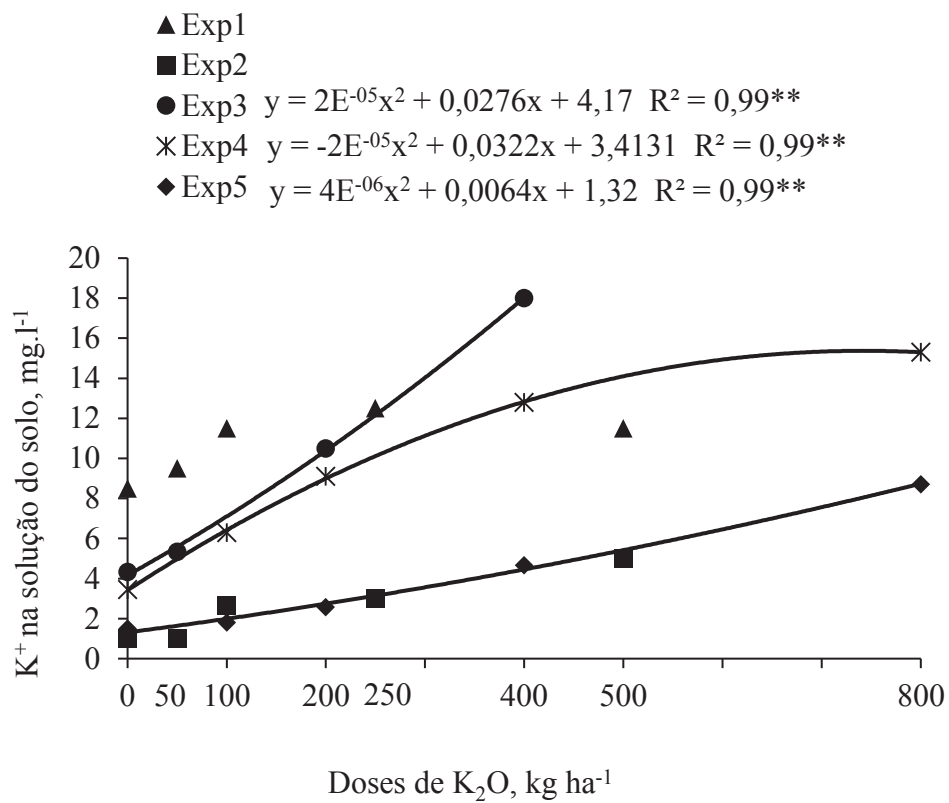
superiores ao encontrado por Souza et al. (2012) em cultivo de laranja que foi de 122,1 mg L⁻¹. Para o cultivo do tomate, Lao et al. (2004), constataram valores entre 187 mg L⁻¹ e 413 mg L⁻¹ de K⁺ na solução do solo.

FIGURA 4 - POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K₂O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



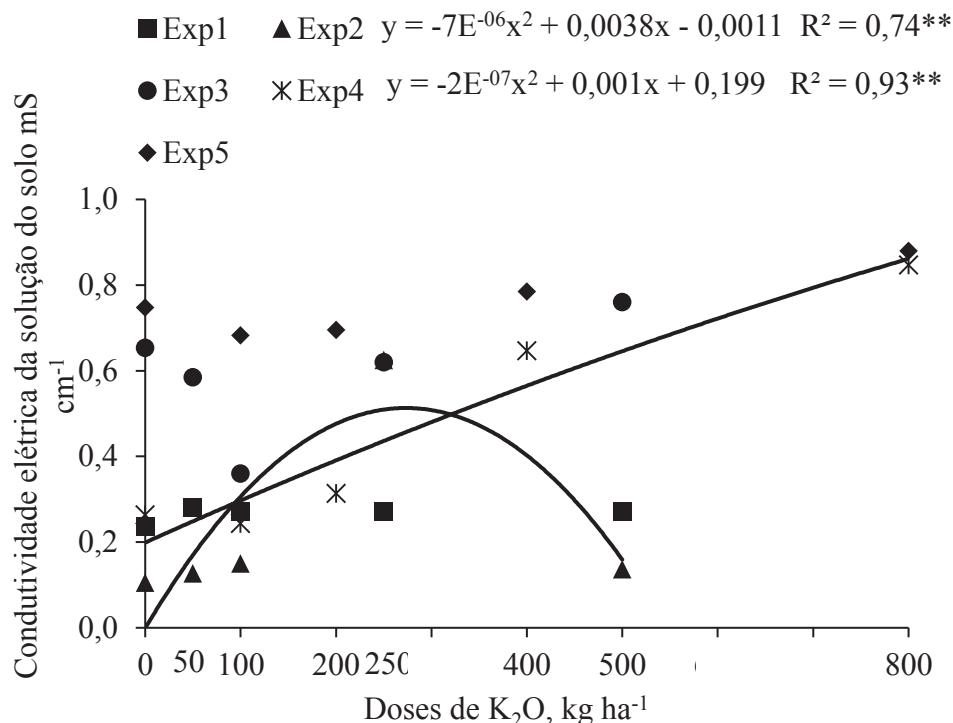
*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 5 - POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 6 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



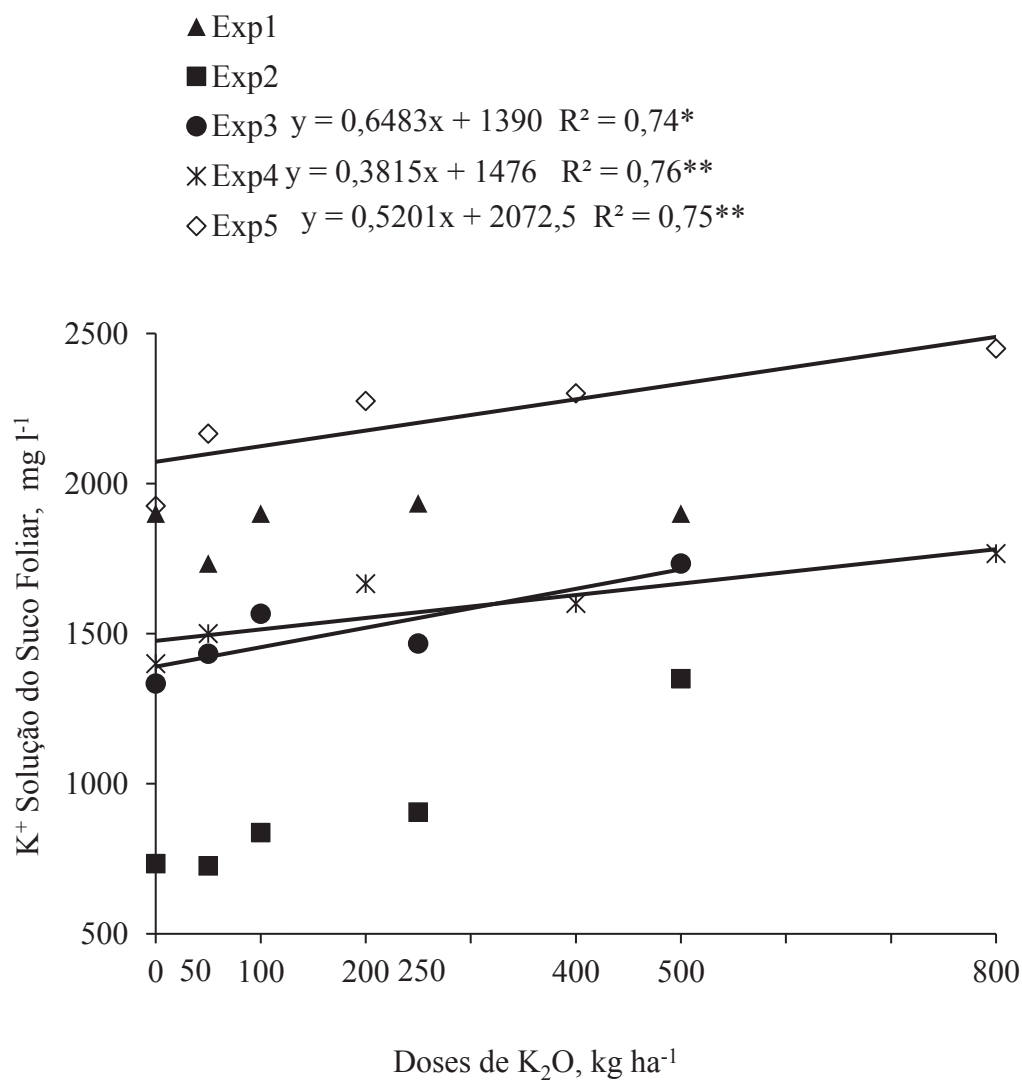
*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

As doses de K_2O aplicadas no solo no plantio aumentaram linearmente os teores de potássio na solução do suco foliar nos experimentos 3, 4 e 5 (Figura 7). Já os teores de potássio foliar mostraram efeito linear apenas no experimento 5 (Figura 8) com o incremento das doses de K_2O aplicadas. Diante destes resultados, verifica-se que o uso de medidor específico de K da solução do suco foliar apresenta um maior potencial de uso para diagnóstico nutricional de potássio do que a análise de K foliar. Conforme Meurer (2006), o K é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular. Tal característica explica a maior concentração de K na solução do suco foliar.

A relação entre a adubação potássica e teores de K^+ na solução do suco foliar é bem menos documentada na literatura em comparação à adubação nitrogenada e seus efeitos em parâmetros nutricionais associados à planta. Em plantas de tomate cultivadas a campo no estado de Iowa (EUA), Taber e Lawson (2007) verificaram aumento nos teores de K^+ na solução do suco foliar, obtido com uso de medidores específicos, com o aumento medidores específicos, o

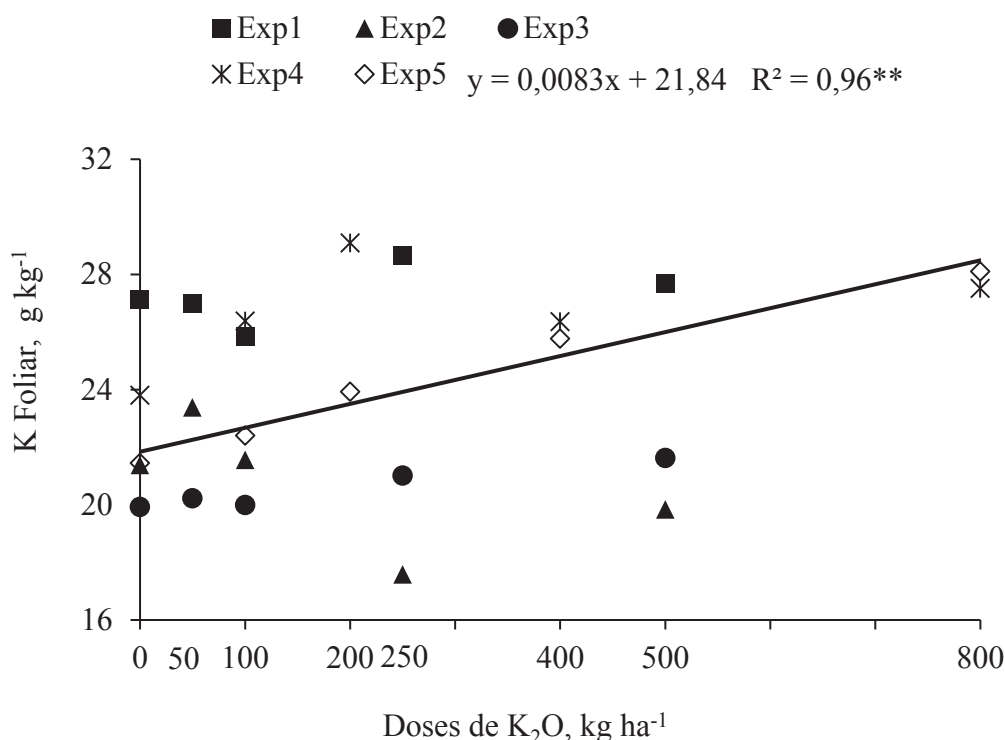
com aumento das doses de potássio. Similarmente, este mesmo resultado foi observado por He et al., (1998) em tomate cultivo hidropônico.

FIGURA 07 - POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

FIGURA 08 - POTÁSSIO NA FOLHA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DAS DOSES DE K_2O APLICADAS NO PLANTIO EM CINCO EXPERIMENTOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

3.5.1 Correlações entre as variáveis de produção e tecnologias de diagnóstico

A produção industrial, apresentou correlação positiva e significativa com a potássio da solução do suco foliar (KSSF) no experimento 1 (Tabela 4) e com o potássio disponível no solo (KS) no experimento 3 (Tabela 6). Por outro lado, a produção comercial apresentou correlações distintas nas duas safras; em 2015, a correlação significativa e positiva foi constatada para o KSS e CE no experimento 1 (Tabela 4) e com o potássio disponível no solo e o com o potássio na solução do solo no experimento 2 (Tabela 5). Do contrário, na safra 2016, não houve correlação da produção com nenhuma das tecnologias. Novamente, as condições climáticas distintas nas duas safras explicam estas diferenças.

Com relação à produção total, na safra 2015 constatou-se que houve correlação apenas com o potássio disponível no solo no experimento 3 (Tabela 6). Na safra 2016, constatou-se que não houve correlação da produção com nenhuma das tecnologias de diagnóstico nos experimentos avaliados.

Com relação às tecnologias de diagnóstico nutricional, verifica-se, de modo geral, que as tecnologias de diagnóstico nutricional apresentaram um maior número de correlações significativas e positivas entre si nos experimentos 4 e 5, conduzidos na safra 2016 (Tabela 7 e 8). Após a aplicação de um fertilizante potássico no solo, o íon K^+ é solubilizado e entra em equilíbrio com o complexo sortivo e a solução do solo. Com o aumento dos teores de K disponível no solo e K^+ na solução do solo, espera-se um aumento também da condutividade elétrica da solução. Esta correlação positiva de fato ocorreu nos experimentos 2, 3, 4 e 5. No entanto, somente no experimento 1 não se observou correlação positiva do K disponível no solo e o K^+ da solução do solo (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Os teores de potássio foliar apresentaram correlação positiva com os teores de potássio da solução foliar somente nos experimentos 4 e 5 (Tabelas 7 e 8). Já nos experimentos 3 e 5, os teores de potássio foliar se correlacionaram com o teor de K disponível no solo e da solução do solo.

De modo geral, espera-se uma maior correlação entre estas avaliações em cultivos hidropônicos de oleráceas, no entanto, como observado por He et al. (1998), para a cultura no tomateiro, não ocorreu nenhuma correlação entre os teores de K^+ da solução do suco foliar e os teores de K foliar em todas as fases de crescimento das plantas. Scherer (1998), ao estudar o efeito dos níveis de potássio presentes em um Latossolo no desenvolvimento de plantas de soja, concluiu que o teor de potássio no solo tem relação positiva com o teor foliar desse macronutriente, sendo a produtividade beneficiada em função dessa relação. Resultados obtidos por Ferreira et.al., (2015) no cultivo de cenoura mostraram efeito significativo com incrementos de doses de potássio na irrigação, tendo a maior concentração de potássio nas folhas da cenoura com a dose de 125 kg ha^{-1} . Já para Tanamati et. al. (2016), avaliando a adubação fosfatada na cultura do alho, o maior número de folhas na fase de diferenciação não se correlacionou com peso médio de bulbo, produtividade e classificação comercial.

A produção industrial apresentou correlação positiva com a produção total e correlação negativa com o potássio disponível na solução do suco foliar no experimento 1 (Tabela 4), o que nos mostra que quanto menor forem os teores de potássio na solução do suco foliar maior será a produção industrial.

TABELA 4 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K⁺S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) NO EXPERIMENTO 1 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Variáveis	PC	PT	K ⁺ S	K ⁺ SS	K ⁺ SSF	CESS	K ⁺ F
PI	0,03	0,55*	0,37	-0,27	-0,64**	-0,15	-0,15
PC			-0,44	0,66**	-0,13	-0,66**	-0,33
PT			0,35	-0,18	-0,45	-0,48	0,13
K ⁺ S				0,44	-0,07	0,23	0,18
K ⁺ SS					0,43	0,36	0,43
K ⁺ SSF						0,23	0,04
CESS							0,11

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 5 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K⁺S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) NO EXPERIMENTO 2 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Variáveis	PC	PT	K ⁺ S	K ⁺ SS	K ⁺ SSF	CESS	K ⁺ F
PI	0,64*	0,20	0,47	0,42	0,28	0,39	-0,06
PC		0,55*	0,64**	0,63*	0,44	0,37	-0,38
PT			0,35	0,24	0,14	-0,06	-0,19
K ⁺ S/				0,95**	0,85**	0,18	-0,49*
K ⁺ SS					0,89**	0,14	-0,51*
K ⁺ SSF						0,04	-0,33
CESS							-0,38

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 6 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K⁺S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) NO EXPERIMENTO 3 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2015.

Variáveis	PC	PT	K ⁺ S	K ⁺ SS	K ⁺ SSF	CESS	K ⁺ F
PI	-0,24	0,60*	0,67**	0,20	0,28	-0,42	0,25
PC		0,04	-0,25	-0,29	-0,30	-0,28	-0,09
PT			0,62*	0,14	0,22	-0,49	0,23
K ⁺ S				0,56*	0,54*	-0,18	0,50*
K ⁺ SS					0,59*	0,45	0,79**
K ⁺ SSF						-0,02	0,34
CESS							0,42

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 7 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K⁺S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) NO EXPERIMENTO 4 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2016.

Variáveis	PC	PT	K ⁺ S	K ⁺ SS	K ⁺ SSF	CESS	K ⁺ F
PI	-0,34	-0,01	0,29	0,37	0,17	0,25	-0,41
PC		0,83**	0,18	-0,15	-0,10	-0,13	0,13
PT			0,37	-0,03	-0,15	-0,05	-0,6
K ⁺ S				0,58*	0,32	0,59*	0,28
K ⁺ SS					0,64*	0,96**	0,37
K ⁺ SSF						0,51	0,57*
CESS							0,33

** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

TABELA 8. MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO INDÚSTRIA (PI), PRODUÇÃO COMERCIAL (PC), PRODUÇÃO TOTAL (PT), POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO (K⁺S) POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO (K⁺SS), POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SUCO FOLIAR (K⁺SSF), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO (CESS) E POTÁSSIO FOLIAR (K⁺F) NO EXPERIMENTO 5 PARA NA CULTURA DO ALHO NA SAFRA AGRÍCOLA 2016.

Variáveis	PC	PT	KS	K ⁺ SS	K ⁺ SSF	CESS	K ⁺ F
PI	-0,44	0,53*	-0,30	-0,17	-0,10	-0,06	-0,07
PC		0,36	0,40	0,32	0,41	0,15	0,44
PT			0,10	0,09	0,35	-0,17	0,27
KS				0,93**	0,71**	0,39	0,53**
K ⁺ SS					0,75**	0,3	0,49*
K ⁺ SSF						0,17	0,49*
CESS							0,65**

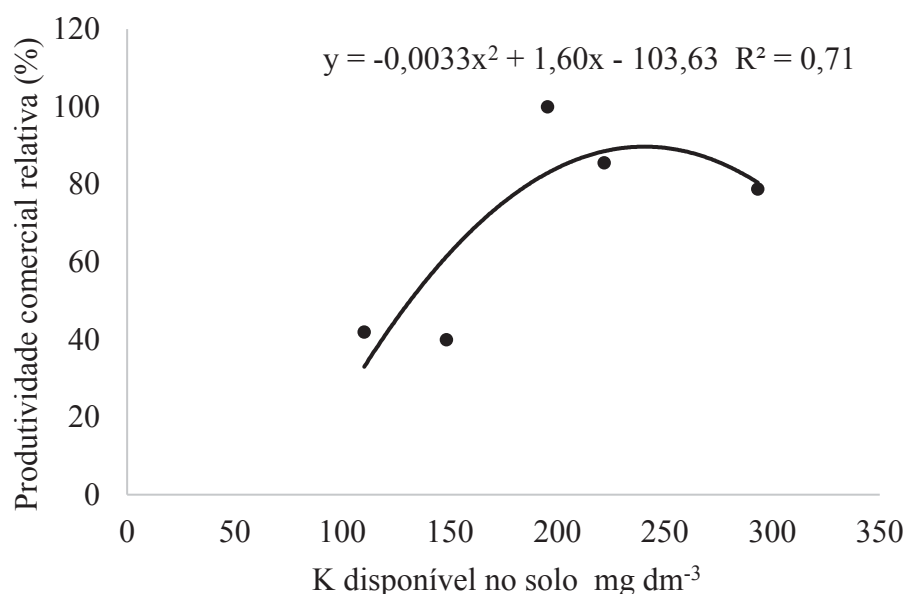
** significativo (p<0,01); * significativo (p<0,05).

3.5.2 TEORES CRÍTICOS PARA MÁXIMO RENDIMENTO COMERCIAL

A resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação potássica foi baixa, havendo significância no aumento da produção comercial pelo incremento das doses de K₂O aplicadas no solo somente no experimento 2, o que leva a quer que os teores de K no solo tenham sido suficientes para um desenvolvimento das plantas e produtividade de bulbos. Devido ao experimento 1 indicar decréscimo linear com a aplicação das doses de potássio, e o comportamento quadrático na produção comercial estar associado somente ao experimento 2 com a máxima produção comercial de bulbos de alho (7.792,25 kg ha⁻¹) associada à dose de 207 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 1), os teores críticos para as diferentes tecnologias de diagnóstico foram estabelecidos somente a partir do experimento 2. Com relação ao teor crítico de K

disponível no solo para a obtenção da máxima produtividade de bulbos de alho livre de vírus nas classes comerciais, obteve-se o um teor de 242,4 mg de K dm⁻³ (Figura 9), concentração esta classificada pela CQFS-RS/SC (2016) no valor de CTC do experimento 2 (13,5) como de alta disponibilidade (136 - 270 mg de K dm⁻³), o que indicaria a aplicação de 350 kg de K₂O ha⁻¹, ou seja, 47% a mais do que o necessário para alcançar a mesma faixa de teor considerada adequada, obtido no presente experimento. Trabalhos realizados por Cecílio Filho et al. (2009), com a cultura da cebola, indicam que influência do incremento das doses de K aplicadas não foi muito expressiva para o acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas de cebola, sendo muito semelhantes para plantas adubadas ou não com K, não diferindo em quantidade. Ao contrário proporcionou aumento da massa seca e qualidade de bulbos, na colheita, plantas fertilizadas apresentaram 14,73 g por planta enquanto plantas que não receberam doses de potássio 12,18 g por planta.

FIGURA 9. ANÁLISE GRÁFICA DA RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE NÍVEL CRÍTICO DE POTÁSSIO DISPONÍVEL NO SOLO E A PRODUTIVIDADE COMERCIAL RELATIVA DE BULBOS DE ALHO LIVRE DE VÍRUS NA COLHEITA DO EXPERIMENTO 2 DA SAFRA 2015 NA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.



*, **: Significativo a 5%, a 1% de probabilidade.

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram baixa eficiência das tecnologias de diagnóstico do potássio associadas à produtividade comercial de alho. Para o experimento 2, o único experimento com aumento da produtividade comercial em função da adubação

potássica, não se obteve ajuste da produção comercial relativa com os teores de K^+ e da condutividade elétrica da solução do solo, os teores de K^+ da solução do suco foliar e do K foliar.

Diante dos resultados do presente estudo, faz-se necessário a condução de estudos em solos com baixas concentrações de potássio, haja vista que os solos da região onde foram conduzidos os experimentos, por suas condições naturais, apresentam teores naturalmente altos a muito altos de K. No entanto, diante da baixa ocorrência de solos nestas condições, estas tecnologias terão baixo potencial de uso.

3.5.3 Análise Econômica

Estudos que avaliaram a viabilidade econômica no uso de fertilizantes e corretivos (Natale et al., 2010; 2011), indicam a dose mais econômica do insumo; tal metodologia se aplica a experimentos de calibração, como o que estamos apresentando, a fim de melhor orientar as decisões de cada safra.

Utilizando-se a equação de regressão das Figuras 1 e 2 e os atuais preços da produção e dos insumos, pode-se calcular a dose mais econômica de ureia para as áreas de produção. Como exemplificado para a equação do experimento 2 para produção comercial (Figura 1), através da equação 2, em que o $-0,0481x^2 + 29,76x + 3381,8$ $R^2 = 0,58$

$$x' = \frac{29,76 - 0,1444}{2 \times 0,0481} = 308 \text{ kg ha}^{-1} \quad (2)$$

Assim, a dose econômica calculada para o experimento 2 foi de 308 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. A receita prevista, devido à aplicação do fertilizante, pode ser determinada pelo aumento de produção de alho = 4603 kg ha⁻¹, assim subtraindo-se o custo do fertilizante em kg de alho (44,5), o lucro que a aplicação do fertilizante proporcionou foi de 4559 kg de alho. Empregando-se a mesma sistemática, podem-se calcular as doses mais econômicas para os demais experimentos e/ou produções, conforme apresentado na Tabela 9, sempre considerando as produções que apresentaram o comportamento quadrático convexo.

TABELA 9. DOSE ECONÔMICA DE CLORETO DE POTÁSSIO, CALCULADO EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE ALHO E DOS CUSTOS DO FERTILIZANTE, PARA OS CULTIVOS DE 2015 E 2016.

Experimento/ Produção	Dose Econômica	Aumento de Produção	Custo Adubo	Lucro	Produção Relativa ¹
	kg ha ⁻¹	----- kg de alho por ha -----			
2 / Comercial	307,9	4603,1	44,5	4558,63	100%
4 / Industrial	271,0	476,5	50,6	425,89	100%

¹ Porcentagem da produção de bulbos obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima.

3.6 CONCLUSÕES

A resposta da cultura do alho livre de vírus à adubação potássica foi baixa, havendo significância na produção comercial em um de cinco experimentos, com a maior produção comercial associada às doses de 309 kg de K₂O ha⁻¹.

Pela baixa resposta da produção comercial de alho à adubação potássica, as tecnologias utilizadas na avaliação nutricional de potássio não apresentaram eficiência.

3.7 REFERÊNCIAS

ASSIS R. P. **Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK**. 2010, 46p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BARDIVIESSO, D. M. **Manejo da fertirrigação para melancia em função da condutividade elétrica da solução do solo**. 2015. 76 f. Tese de Doutorado. Unidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2015.

BÔAS, R.L.V.; LIMA, C.P.; BACKES, C.; GODOY, L.J.G.; IMAIZUMI, I. Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. **Ceres**, v.55, n.6, p.605-609, 2008.

BOUMA, J. Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity. **Agricultural Water Management**, v. 6, n. 2-3, p. 177-190, 1983.

BÜLL, L. T. et al. Fertilização potássica na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agricola**, p. 157-163, 2001.

BÜLL, L.T.; BERTANI, R. M. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, v.61, p.247-255, 2002.

CASTELLANOS, J.Z.; OJODEAGUA, J.L.; MÉNDEZ, F.; ALCANZAR, G.; VILLALOBOS-REYES, S.; VARGAS, P.; MUÑOZ-RAMOS, J.J.; LAZCANO-FERRAT, I. Potassium requirements for Garlic under fertigation. **Better Crops International**, v.16, p.9-11, 2002.

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Accumulation of dry mass in onion depending on nitrogen, potassium and plant population in direct sowing. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 49-54, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_11_17_12_20_alho_setembro_<2017.pdf+&cd=6&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> . Acesso em: 12 jan. 2018.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 394p. 2004.

DANIELS, 1999, J. Ocorrência de vírus em alho no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**: Brasília, DF, v.24, n.1, p.91. 1999.

IBGE. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais: IBGE, 2015. Disponível em: [http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151\[1\].pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2018.

ELOI, W. M., DUARTE, S. N., SOARES, T. M., SILVA, E. F. D. F., MIRANDA, J. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 471-477, 2011.

EMBRAPA- **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Ver. Amp. Brasília, DF. 353 p. 2013.

EPAGRI/CIRAM- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2405&Itemid=141>. Acesso em: 12 dez. 2017.

EPAGRI- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Orientações técnicas para a produção de alho em Santa Catarina**. Florianópolis, (Sistemas de produção, 42), 54p, 2002.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Sem vírus, mais vigor. **Revista Agropecuária Catarinense**, Vol. 28, nº 1, p.28-28. Jul. 2015.

EPAGRI. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2015-2016. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2016.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017.

FERNANDES, L. J. C; BÜLL, L. T; CORRÊA, J. C; PAVAN, M. A; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 97-101, 2010.

FERREIRA, MESSIAS MORAIS et al. Produção de cenoura em função de doses de potássio e manejos de irrigação. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras, MG. 2010.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINES, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

HE, YIQING, TERABAYASHI, S., NAMIKI, T. Comparison between analytical results of plant sap analysis and the dry ashing method for tomato plants cultured hydroponically. **Journal of Plant Nutrition**. v.21, n.6, p. 1179-1188, 1998.

LAO, M. T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E. J. Nutrient levels of the soil solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. **Revista Internacional de Botanica Experimental**, Vicente López, v. 53, p. 29-37, 2004

DELAZARI, F. T. **Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema Viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa, Minas Gerais. p. 68, 2014.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A.G.; LANA, M.M.; HENZ, G.P. Classificação de hortaliças. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/public/classificacao.doc. Acesso em 19 de jan. 2018.

MALAVOLTA E; VITTI G. C; OLIVEIRA S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 1997, 359 p.

MALAVOLTA, E. et al. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.

MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 301, 2010.

MEUGER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa-MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 215-252. 2006.

MOREIRA DA SILVA, EVERALDO et al. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, 2013.

MUELLER, S.; VIEIRA, R. L.; BIASI, J. Efeito da limpeza de vírus sobre a produtividade de alho em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, v.18, p.50-52. 2005.

NAKAGAWA, J.; SAKAMOTO, H.; UENO, M.N. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.8, p.55, 1990.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso de calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.708-713, 2010.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p.1294-1299, 2011.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V.P. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. (CD-ROM).

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Directions for the use of foliar diagnosis. **Fertilite**, v. 2, p. 3-12, 1957.

RESENDE, F. V; OLIVEIRA, P. S. R; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.8, n.1, p.31-36, 2000.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 188 - 191, novembro 2001.

RÖMHELD V; KIRKBY E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and Soil**. 335:155-180, 2010.

SCANLAN, C. A.; HUTH, N. I.; BELL, R. W. Simulating wheat growth response to potassium availability under field conditions with sandy soils. I. Model development. **Field Crops Research**, v. 178, p. 109-124, 2015.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 22, p. 57-62, 1998. disponível em: <<http://www.sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a08.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

SEDOGUCHI, E.T. **Produtividade em alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas, sob doses de fósforo, nitrogênio e potássio**. 77p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SILVA E. C, MACHADO A.S, SOUZA RJ, CALDERÓN JFT. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24: p. 917-923, 2000.

SILVA JÚNIOR, M. J. DA ET. AL., Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 715-722, 2010.

SILVA, J. B. G. et al. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 250, 2012.

SOUZA, R. J. et al. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 498-503, 2011.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos. Boletim Técnico 5, 174p. 1995.

TABER, H. G., L., VINCE. Use of Diluted Tomato Petiole Sap for Potassium Measurement with the Cardy Electrode Meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.38, n. 5-6, p.713-718, 2007.

SOUZA, T. R. de et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 846-854, 2012.

VITTI, G. C.; LIMA, E; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: Manlio Silvestre Fernandes. (Org.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 299-325 2006.

4 REFERÊNCIAS

ANAPA – Associação nacional dos produtores de alho. Mercado e as importações de alho no Brasil. **Revista Nosso Alho**. n.20, p.31-33, 2014.

ASSIS R. P. **Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK**. 2010, 46p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**. Instituto Agronômico de Campinas, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200025>. Acesso em 20 de jun. de 2016.

BACKES, C.; LIMA, C.P.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; IMAIZUMI, S. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.67, n.2, p.491-498, 2008.

BAR TAL, A. The effects of nitrogen form on interactions with potassium. Nitrogen and Potassium Interactions. **Switzerland, International Potash Institute**, p. 9, 2011.

Disponível em: <https://www.ipipotash.org/ar/eifc/2011/29/3/english>. Acesso em 30 de ago. de 2016.

BARDIVIESSO, D. M. **Manejo da fertirrigação para melancia em função da condutividade elétrica da solução do solo**. 2015. 76 f. Tese de Doutorado. Unidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2015.

BERTONI, G.; MORARD, P.; SOUBIEILLE, C.; LLORENS, J. M. Growth and nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) during bulb development. **Scientia Horticulturae**, v. 50, n. 2, p. 187-195, 1992.

BIASI, J. **Nutrição e indicação de adubação para a cultura do alho**. Florianópolis, SC. Epagri, Boletim Técnico 132, 60p. 2006.

BLANCO, F. ET AL. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 26-33, 2008.

BÔAS, R.L.V.; LIMA, C.P.; BACKES, C.; GODOY, L.J.G.; IMAIZUMI, I. Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. **Ceres**, v.55, n.6, p.605-609, 2008.

BOUMA, J. Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity. **Agricultural Water Management**, v. 6, n. 2-3, p. 177-190, 1983.

BÜLL, L. T. et al. Fertilização potássica na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agrícola**, p. 157-163, 2001.

BÜLL, L.T.; BERTANI, R. M. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, v.61, p.247-255, 2002.

CASTELLANOS, J.Z.; OJODEAGUA, J.L.; MÉNDEZ, F.; ALCANZAR, G.; VILLALOBOS-REYES, S.; VARGAS, P.; MUÑOZ-RAMOS, J.J.; LAZCANO-FERRAT, I. Potassium requirements for Garlic under fertigation. **Better Crops International**, v.16, p.9-11, 2002.

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Accumulation of dry mass in onion depending on nitrogen, potassium and plant population in direct sowing. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 49-54, 2009.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: Diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. RS. Comunicado Técnico 45, 5 p., 2002.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BRAUN, H.; SILVA, I. R. Value and prediction of critical content-level to assess the nitrogen status of the potato, **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.155-122, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_11_17_12_20_alho_setembro_<2017.pdf+&cd=6&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 12 jan. 2018.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 394p. 2004.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 376p. 2016.

DANIELS, J. Ocorrência de vírus em alho no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**: Brasília, DF, v.24, n.1, p.91. 1999.

DE CARVALHO, J. R. P., DA SILVEIRA, P. M., VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

DE MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 301, 2010.

DELAZARI, F. T. **Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema Viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa, Minas Gerais. P 68. 2014.

ELOI, W. M., DUARTE, S. N., SOARES, T. M., SILVA, E. F. D. F., MIRANDA, J. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 471-477, 2011.

ELOI, W. M., DUARTE, S. N., SOARES, T. M., SILVA, E. F. D. F., MIRANDA, J. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em

ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 471-477, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2ª ed. 2009.

EMBRAPA- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Ver. Amp. Brasília, DF. 353 p. 2013.

EPAGRI- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Orientações técnicas para a produção de alho em Santa Catarina**. Florianópolis, Sistemas de produção, 42, 54p, 2002.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Sem vírus, mais vigor. **Revista Agropecuária Catarinense**, Vol. 28, nº 1, p.28-28. 2015.

EPAGRI. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2015-2016. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2016.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017.

EPAGRI/CIRAM- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2405&Itemid=141>. Acesso em: 12 dez. 2017.

FERNANDES L. J. C; VILLAS BÔAS R. L; BACKES C; LIMA CP; BÜLL LT. Contribuição das concentrações de nitrogênio em bulbilhos de alho tratados com doses de N em cobertura. **Horticultura Brasileira** 29: 26-31. 2011.

FERNANDES, L. J. C; BÜLL, L. T; CORRÊA, J. C; PAVAN, M. A; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 28: 97-101, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras, MG. 2010.

FERREIRA, M. M. M.; Fontes, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011.

FERREIRA, M. M. et al. Produção de cenoura em função de doses de potássio e manejos de irrigação. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FOLEGATTI, M.V.; BLANCO, F.F.; BOARETTO, R.M. & BOARETTO, A.E. Calibration of Cardy[®]-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia agrícola**, v.62, p.8-11, 2005.

FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa. MG, **Arka** 296p. 2011.

GAVIOLA, S.; LIPINSKI, V. M. Diagnostico rápido de nitrato en ajo cv. Fuego INTA con riego por goteo. **Ciencia del suelo**, v. 20, n. 1, p. 43-49, 2002.

GIBBS, A.; HARRISON, B. PLANT VIROLOGY: the principles. New York: **Buffer and Turner**, 292 p.1979.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINES, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

GOTT, R. M. et al., Diagnostic index for interpretation of foliar analysis of corn/Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 11, p. 1110-1116, 2014.

HE, YIQING, TERABAYASHI, S., NAMIKI, T. Comparison between analytical results of plant sap analysis and the dry ashing method for tomato plants cultured hydroponically. *Journal of Plant Nutrition*. v.21, n.6, p. 1179-1188, 1998.

IBGE. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais: IBGE, 2015. Disponível em: [http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151\[1\].pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf)> Acesso em: 12 jan. 2018.

JAMES, D. W.; WELLS, K. L. Soil sample collection and handling: technique based on source and degree of field variability. In: Westerman, R.L. Ed. Soil testing and plant analysis. Madison: *Soil Science Society of America*, SSSA Book Series. p.25-44, 1990.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 114p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.MG. 2004.

KURTZ, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) Departamento de Ciências do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

LAO, M. T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E. J. Nutrient levels of the soil solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. *Revista Internacional de Botânica Experimental*, Vicente López, v. 53, p. 29-37, 2004.

LIMA, C. P. **Medidor de clorofila na avaliação de nutrição nitrogenada na cultura do alho vernalizado**. Tese (Mestrado). Botucatu: UNESP-FCA. 95p. 2005.

LUCINI, M. Manual prático de produção: Alho. Curitiba: **Bayer CropScience®**. p. 135, 2004.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A.G.; LANA, M.M.; HENZ, G.P. Classificação de hortaliças. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/public/classificacao.doc. Acesso em 19 de jan. 2018.

MACÊDO, F. S. et al. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009.

MALAVOLTA E; VITTI G. C; OLIVEIRA S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 1997, 359 p.

MALAVOLTA, E. et al. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Agronômica Ceres**, 2006.

MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 301, 2010.

MEUGER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa. MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 215-252. 2006.

MOREIRA DA SILVA, EVERALDO et al. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, 2013.

MUELLER, S.; VIEIRA, R. L.; BIASI, J. Efeito da limpeza de vírus sobre a produtividade de alho em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, v.18, p.50-52. 2005.

NAKAGAWA, J.; SAKAMOTO, H.; UENO, M.N. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.8, p.55, 1990.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p.1294-1299, 2011.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso de calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.708-713, 2010.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso de calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.708-713, 2010.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p.1294-1299, 2011.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V.P. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianopolis. Epagri, 2002. (CD-ROM).

PARENT LÉ. Diagnosis of the nutriente compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.33, p.321-334, 2011.

PATEL, B.G.; KHANAPARA, V.D.; MALAVIA D.D.; KANERIA, B.B. Performance of drip and surface methods of irrigation for garlic *Allium sativum* L. under varying nitrogen levels. **Indian Journal of Agronomy**, v.41, n.1, p.174-176, 1996.

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Directions for the use of foliar diagnosis. **Fertilite**, v. 2, p. 3-12, 1957.

RESENDE, F. V; OLIVEIRA, P. S. R; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.8, n.1, p.31-36, 2000.

RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.188-191, 2001.

RÖMHELD, Volker; KIRKBY, Ernest A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1-2, p. 155-180, 2010.

ROZANE D. E., ROMUALDO L. M., CENTURION JF, BARBOSA J. C. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. *Semina: Ciências. Agrárias*. v.32, pag.109-116. 2011.

ROZANE, D. E; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v.44, n.1, p.102–112, 2015.

SCANLAN, C. A.; HUTH, N. I.; BELL, R. W. Simulating wheat growth response to potassium availability under field conditions with sandy soils. I. Model development. **Field Crops Research**, v. 178, p. 109-124, 2015.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 22, p. 57-62, 1998. Disponível em: <<http://www.sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a08.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

SEDOGUCHI, E.T. **Produtividade em alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas, sob doses de fósforo, nitrogênio e potássio**. Tese de (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 77p. 2008.

SEXTON, P.; CARROLL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugar beet. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p. 1975-1986, 2006.

SILVA COELHO, FABRÍCIO et al. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.

SILVA E. C, MACHADO A.S, SOUZA RJ, CALDERÓN JFT. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. **Ciência e Agrotecnologia**, 24: 917-923, 2000.

SILVA JÚNIOR, M. J. DA ET. AL., Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 715-722, 2010.

SILVA, J. B. G. et al. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 250, 2012.

SOUZA, R. J DE; CASALI, V. W. DIAS. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 142, p. 36-40, 1986.Souza, 1990.

SOUZA, R. J. et al. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 498-503, 2011.

SOUZA, T. R. de et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, p. 846-854, 2012.

TAIZ, L. E ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre, **Artmed**, 848p, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos. Boletim Técnico 5, 174 p. 1995.

ULRICH, A., HILLS, F. J.; HARDY, G. W. Soil testing and plant analysis. **Soil testing and plant analysis**, v. 2. 1967.

VIEIRA, R. L. **Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livres de vírus**. Florianópolis: Tese (Doutorado). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012, 193 p.

VITTI, G. C.; LIMA, E; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: Manlio Silvestre Fernandes. (Org.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 299-325 2006.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H. **Monitoramento nutricional**. In: WADT, P.G.S. (Org.). Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, p.283-304. 2005.